ISSN 1995-2511

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

1 2024

ISSN 1995-2511

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**Периодическое научное издание**

**№ 1**

**Март 2024**

**Нижний Новгород**

ББК 95; я5
П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 1 (69)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2024. 299 с., 20 л. цв. вклеек.

**Учредитель и издатель:** ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. 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 2.1 – «Строительство и архитектура».

**Главный редактор д-р техн. наук, проф. С. В. СОБОЛЬ**
**Заместитель главного редактора д-р техн. наук, доц. Д. В. МОНИЧ**
**Ответственный секретарь канд. техн. наук, доц. П. А. ХАЗОВ**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

акад. РААСН, д-р арх., проф. Е. А. АХМЕДОВА; д-р техн. наук, проф. М. И. БАЛЬЗАННИКОВ; чл.-корр. РААСН, проф. В. Н. БОБЫЛЕВ; д-р техн. наук, проф. М. В. БОДРОВ; д-р техн. наук, проф. А. М. БРАГОВ; д-р техн. наук, проф. А. Л. ВАСИЛЬЕВ; д-р техн. наук, доц. А. Н. ГАЙДО; д-р биол. наук, проф. Д. Б. ГЕЛАШВИЛИ; акад. РААСН, д-р арх., проф. А. Л. ГЕЛЬФОНД; д-р наук, проф. Р. ГРЭФЕ; засл. деят. науки РФ, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. Л. Н. ГУБАНОВ; д-р техн. наук, проф. А. И. ЕРЕМКИН; д-р физ.-мат. наук, проф. В. И. ЕРОФЕЕВ; акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. Т. ЕРОФЕЕВ; д-р наук, проф. М. ИВЕТИЧ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. Н. И. КАРПЕНКО; д-р техн. наук, проф. Д. В. КОЗЛОВ; д-р техн. наук, доц. Е. В. КОНОПАЦКИЙ; д-р техн. наук, доц. В. В. МОЛОДИН; д-р техн. наук, доц. З. Р. МУХАМЕТЗЯНОВ; д-р наук, проф. Ф. НЕСТМАНН; д-р техн. наук, канд. экон. наук, доц. Л. А. ОПАРИНА; д-р техн. наук, доц. Е. В. ПОЗНЯК; д-р техн. наук, проф. Е. В. ПОПОВ; 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 техн. наук, проф. В. П. СУЧКОВ; чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. Ю. А. ТАБУНЩИКОВ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТЕЛИЧЕНКО; д-р техн. наук, проф. А. В. ТОЛОК; 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 техн. наук, проф. Р. С. ФЕДЮК; д-р техн. наук, проф. М. Н. ЧЕКАРДОВСКИЙ; д-р физ.-мат. наук, проф. Е. В. ЧУПРУНОВ; д-р техн. наук, проф. А. И. ШЕИН

Редактор М. А. Коссэ, компьютерная верстка И. К. Красавина,
переводчик Л. Ю. Воронцов, работа со списками литературы Л. Б. Вержиковская

Подписано в печать 29.03.2024 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. печ. л. 26,16 + вкл. 3,5. Тираж 600 экз. Заказ № 11/23

**Адрес издателя и редакции:** Россия, 603952, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
**Тел./факс:** (831) 433-04-36 (редакция), (831) 430-19-46 (отв. секретарь);
**эл. почта:** pnj-sec@mail.ru (отв. секретарь), red@nngasu.ru (редакция),
**интернет-сайт:** www.pnj.nngasu.ru; пнж.ннгасу.рф
Подписной индекс «Урал-Пресс»: 80382. Цена свободная.

Отпечатано в типографии ИП Кузнецов Н. В.
Адрес: Россия, 603057, г. Нижний Новгород, ул. Шорина, д. 13/13, п. 1

ISSN 1995-2511 **© ННГАСУ, 2024**

ISSN 1995-2511

# THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

**Scientific periodical**

# № 1

**March 2024**

**Nizhny Novgorod**

THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL, № 1 (69)

Scientific periodical. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2024. 299 p., 20 p. of colour illustrations.

**Founder & Publisher:** The Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU). Registered by the Federal service for supervision of communications, information technology, and mass media. 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 2.1 – "Conctruction and architecture".

**Editor-in-chief doctor of technical sciences, professor S. V. SOBOL**
**Deputy chief editor doctor of technical sciences, associate professor D. V. MONICH**
**Executive secretary cand. of tech. sciences, associate professor P. A. KHAZOV**

**MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:**

academician of RAACS, doctor of architecture, professor E. A. AKHMEDOVA; doctor of technical sciences, professor M. I. BALZANNIKOV; corresponding member of RAACS, professor V. N. BOBYLYOV; doctor of technical sciences, professor M. V. BODROV; doctor of technical sciences, professor A. M. BRAGOV; doctor of technical sciences, professor A. L. VASILIEV; doctor of technical sciences, associated professor A. N. GAIDO; doctor of biological sciences, professor D. B. GELASHVILI; academician 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; doctor of physical-mathematical sciences, professor V. I. EROFEEV; academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. T. EROFEEV; doctor of science, professor M. IVETICH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor N. I. KARPENKO; doctor of technical sciences, professor D. V. KOZLOV; doctor of technical sciences, associated professor E. V. KONOPATSKIY; doctor of technical sciences, associated professor V. V. MOLODIN; doctor of technical sciences, associated professor Z. R. MUKHAMETZYANOV; Prof. Dr.-Ing. F. NESTMANN; doctor of technical sciences, candidate of economy sciences, associated professor L. A. OPARINA; doctor of technical sciences, associated professor E. V. POZNYAK; doctor of technical sciences, professor E. V. POPOV; 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 technical sciences, professor V. P. SUCHKOV; corresponding member of RAACS , doctor of technical sciences, professor Yu. A. TABUNSHCHIKOV; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TELICHENKO; doctor of technical sciences, professor A. V. TOLOK; 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 technical sciences, professor R.S. FEDIUK; doctor of technical sciences, professor M. N. CHEKARDOVSKY; doctor of physical-mathematical sciences, professor E. V. CHUPRUNOV; doctor of technical sciences, professor A. I. SHEIN

Editor M. A. Kosse, computer makeup I. K. Krasavina,
translator L. Yu. Vorontsov, literature references L. B. Verzhikovskaya

Signed for publishing on 29.03.2024. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 26.16 + illust. 3,5. Copies 600. Order № 11/23

Publisher's address: 65 Iljinskaya St., 603952, Nizhny Novgorod, Russia.
Tel./fax: +7 (831) 433-04-36 (editors), +7 (831) 430-19-46 (executive secretary);
e-mail: pnj-sec@mail.ru (executive secretary), red@nngasu.ru (redaction),
web-site: www.pnj.nngasu.ru; пнж.ннгасу.рф
Subscription index "Ural-Press": 80382. Price is unfixed.

Printed in publishing house of Individual entrepreneur Kuznetsov N. V.
Address: of. 1, 13/13, Shorin st., Nizhny Novgorod, 603057, Russia.

ISSN 1995-2511 **© NNGASU, 2024**

## С О Д Е Р Ж А Н И Е


**СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ**

**Маркина Ю. Д.** Проверка и уточнение методики расчета жесткости узлов подкраново-подстропильной фермы в ее плоскости …….. 11

**Кузьмин Д. С., Монич Д. В., Бобылев В. Н., Гребнев П. А.** Натурные экспериментальные исследования звукоизоляции легкой перегородки с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев……..... 22

**Колотов О. В.** Разработка конструктивных схем стальных покрытий размером 18×18 м и оценка их металлоемкости…….. 29

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

**Клочко А. К.** Корректировка температурных графиков отопительных систем с учетом их фактического состояния ……. 34

**Рымаров А. Г., Титков Д. Г.** Анализ температурного режима наружного воздуха в переходный и холодный периоды года …… 43

**Бодров М. В., Юланова А. Ф., Руин А. Е.** Научно-методологическое обоснование необходимости внесения изменений в СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»…….. 49

**Бодров М. В., Пылаев А. Н.** Теоретическое обоснование и разработка экологически чистых вихревых воздухоосушителей ……... 55

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

**Продоус О. А., Якубчик П. П., Шлычков Д. И., Балашов С. С.** Новая зависимость для гидравлического расчета металлических водопроводов с внутренними отложениями ……. 61

**Васильев А. Л., Гусейнова С. М., Луков С. А., Боровкова Т. Л.** Анализ эффективности биологической очистки городских сточных вод от соединений азота и фосфора…….. 70

**ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ**

**Бальзанников М. И.** Инновационные методы совершенствования затворов гидротехнических сооружений …….. 78

**Соболь С. В., Чжан А. А.** Фрактальный анализ конфигурации водохранилищ ГЭС на реках Сибири…… 91

**Февралев А. В.** О целесообразности возведения здания малой ГЭС на проектируемом водопропускном сооружении из Волгоградского водохранилища в р. Ахтубу ……. 104

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Мухамбетжан З. Е., Мухаметзянов З. Р.** Формирование среды информационного моделирования свойств промышленных объектов…….. 110

**СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

**Трянина Н. Ю., Глынина Ю. С.** Влияние системы затяжек с предварительным натяжением на напряженно-деформированное состояние ребристо-кольцевого купола…….. 118

**Помазов А. П., Фурса О. В., Трянина Н. Ю.** Сравнение интегрированной и дифференцированной расчетных моделей при анализе собственных колебаний комплекса высотных зданий ……. 125

**Хазов П. А., Шкода И. В., Кудрявцев А. Е.** Прочность и устойчивость моделей трубобетонных и железобетонных колонн……... 136

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

**Гельфонд А. Л., Ахмедова Е. А., Самогоров В. А., Тимофеев С. А., Пастушенко В. Л., Бородов В. Е.** Архитектура Йошкар-Олы начала XXI века: взгляды и размышления ……... 147

**Сапрыкина Н. С.** Специфика малоэтажной жилой застройки кварталов 1940-1950-х годов в г. Ярославле ……. 162

**Лисицына А. В.** Общественное пространство «Нижний базар» в Городце (серия проектов студентов ННГАСУ)……... 169

**Агеева Е. Ю., Гоголева Н. А., Свирина Н. В.** Взаимосвязь интерьерного решения и фресковой живописи в культовых сооружениях XVII века ……... 176

**Грачева Е. Е.** Архитектура деревянных жилых домов Нижнего Новгорода XIX – начала XX вв. 186

**Долматова А. А., Гоголева Н. А.** История развития современного дизайна …… 192

**Киреева Т. В.** Ревитализация объектов железнодорожной инфраструктуры в линейные и висячие сады и парки. Часть III. Опыт Барселоны …….. 197

**Шумилкин А. С., Хмелевская Д. Д.** Архитектурно-реставрационные школы России XX – начала XXI вв..... 204

**Хафса Талеб.** Становление портов и портовых городов: от античности до современности….. 211

**Хафса Талеб.** Принципы модернизации порта Сан-Франциско…… 216

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

**Яковлев А. А., Захарчук А. В.** Принципы реализации идеи природного аналога (ИПА) в проектах реконструкции зданий и комплексов ……... 221

**Пирогов Д. А.** Быстровозводимые объекты образования …….. 227

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

**Крашенинников А. В., Крыласова Е. А.** Феномен социальной сплоченности в градостроительных моделях городской среды……. 234

**Орлова Л. Н., Норенков С. В., Денисова В. А.** Комплексное развитие территорий: отечественная практика проектной реализации в рамках государственных программ…… 244

**Крыласова Е. А.** Градостроительные модели систем расселения, адаптируемые для территорий со слабо интегрированными малыми поселениями……. 253

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА. ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ**

**Конопацкий Е. В., Монич Д. В., Безсольнов М. В., Вопияшин В. А.** Информационное моделирование звукоизолирующих перегородок с рациональными конструктивными решениями…… 262

**Дергачев А. Н.** Геометрический расчет возможности погрузки техники в грузовые кабины самолетов и вертолетов……... 269

**Облетов Е. Н., Шаханов Е. Д., Каргапольцева М. А., Шилов С. С.** Параметрическое моделирование сложной геометрии высотного здания: анализ влияния ветровой нагрузки и оптимизация……. 278

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ**

К юбилею академика В. Т. Ерофеева ..... 286

Новые издания..... 289

Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал»..... 292

**НА ОБЛОЖКЕ:** водопад на реке Шуонийоки вблизи п.г.т. Никель, Мурманская область. Автор фото Канаева А. Д.

## C O N T E N T S


**BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES**

**Markina Yu. D.** Verification and refinement of the methodology for calculating the stiffness of joints of crane secondary truss in its plane…….. 11

**Kuzmin D. S., Monich D. V., Bobylyov V. N., Grebnev P. A.** Full-scale experimental studies of sound insulation of light partitions with shotcreted claddings and acoustic separation of layers … 22

**Kolotov O. V.** Development of design schemes of steel coatings with a size of 18×18 m and assessment of their metal content ……... 29

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

**Klochko A. K.** Adjustment of temperature schedules of heating systems taking into account their actual condition……... 34

**Rymarov A. G., Titkov D. G.** Analysis of the outdoor air temperature regime in the transitional and cold periods of the year…… 43

**Bodrov M. V., Yulanova A. F., Ruin A. E.** Scientific and methodological justification of the need to amend SP 50.13330.2012 “SNiP 23-02-2003 Thermal protection of buildings”……. 49

**Bodrov M. V., Pylaev A. N.** Theoretical justification and development of environmentally friendly vortex air dryers……. 55

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

**Prodous O. A., Yakubchik P. P., Shlychkov D. I., Balashov S. S.** A new dependence for the hydraulic calculation of metal water pipes with internal deposits ……. 61

**Vasilev A. L., Guseynova S. M., Lukov S. A., Borovkova T. L.** Analysis of the effectiveness of biological treatment of municipal wastewater from nitrogen and phosphorus compounds……... 70

**HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY**

**Balzannikov M. I.** Innovative methods of improving gates of hydraulic structures …… 78

**Sobol S. V., Chzhan R. V.** Fractal analysis of configuration of reservoirs of hydroelectric power stations on the rivers of Siberia …….. 91

**Fevralyov A. V.** On the expediency of erecting a small hydroelectric power plant building on a being-designed culvert from the Volgograd reservoir into the Akhtuba river ……... 104

**TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION**

**Mukhambetzhan Z. E., Mukhametzyanov Z. R.** Formation of the environment of the information modeling of the properties of industrial facilities …….. 110

**STRUCTURAL MECHANICS**

**Tryanina N. Yu., Glynina Yu. S.** The effect of a prestressed tightening system on the stress-strain state of a ribbed-ring dome ……. 118

**Pomazov A. P., Fursa O. V., Tryanina N. Yu.** Comparison of integrated and differentiated calculation models in the analysis of natural oscillations of a complex of high-rise buildings…… 125

**Khazov P. A., Shkoda I. V., Kudryavtsev A. E.** Strength and stability of models of tube-concrete and reinforced concrete columns…… 136

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

**Gelfond A. L., Akhmedova E. A., Samogorov V. A., Timofeev S. A., Pastushenko V. L., Borodov V. E.** Architecture of Yoshkar-Ola at the beginning of the XXI century: Views and reflections…… 147

**Saprykina N. S.** Specifics of the low-rise housing development of the 1940s-1950s quarters in the city of Yaroslavl…… 162

**Lisitsyna A. V.** The public space "Nizhny Bazar" in Gorodets (series of projects by NNGASU students)…….. 169

**Ageeva E. Yu., Gogoleva N. A., Svirina N. V.** The relationship between interior design and fresco painting in religious buildings of the XVII century……. 176

**Grachyova E. E.** The architecture of wooden residential buildings in Nizhny Novgorod of the XIX – early XX centuries …….. 186

**Dolmatova A. A., Gogoleva N. A.** History of the development of modern design …….. 192

**Kireeva T. V.** Revitalization of railway infrastructure facilities into linear and hanging gardens and parks. Part III. The Barcelona experience…… 197

**Shumilkin A. S., Khmelevskaya D. D.** Architectural and restoration schools of Russia of the XX – early XXI centuries……... 204

**Taleb Hafsa.** The transformations of ports and port cities from antiquity to the modern time …… 211

**Taleb Hafsa.** Principles for modernizing the port of San Francisco…….. 216

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

**Yakovlev A. A., Zakharchuk A. V.** Principles for implementing the idea of a natural analogue in projects of reconstruction of buildings and complexes …… 221

**Pirogov D. A.** Prefabricated educational facilities……..... 227

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

**Krasheninnikov A. V., Krylasova E. A.** The phenomenon of social cohesion in urban planning models of the urban environment…… 234

**Orlova L. N., Norenkov S. V., Denisova V. A.** Integrated development of territories: domestic practice of project implementation within the framework of state programs……. 244

**Krylasova E. A.** Urban planning models of settlement systems adapted for territories with poorly integrated small settlements…… 253

## ENGINEERING GEOMETRY AND COMPUTER GRAPHICS. DIGITAL PRODUCT LIFECYCLE SUPPORT

**Konopatsky E. V., Monich D. V., Bezsolnov M. V., Vopiyashin V. A.** Information modeling of sound insulating partitions with rational design solutions…….. 262

**Dergachev A. N.** Geometric calculation of the possibility of loading equipment into cargo cabins of airplanes and helicopters……. 269

**Obletov E. N., Shakhanov E. D., Kargapoltseva M. A., Shilov S. S.** Parametric modeling of complex high-rise building geometry: wind load influence analysis and optimization……. 278

**INFORMATION SECTION**

To the jubilee of Academician V. T. Erofeev …… 286

New publications…….. 289

List of requirements for publication in the scientific periodical “The Privolzhsky scientific journal”…… 292

**COVER PAGE:** Waterfall on the Shuoniyoki River near the urban-type settlement of Nickel, Murmansk region. Photo by Kanaeva A.D.
Photo by Kanayeva A. D.

*13 марта 2024 года на 79-м году ушел из жизни главный редактор «Приволжского научного журнала», доктор технических наук, профессор кафедры гидротехнических и транспортных сооружений Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета Соболь Станислав Владимирович.*

Станислав Владимирович Соболь родился 20 февраля 1946 г. В 1969 г. окончил ГИСИ им. В. П. Чкалова по специальности «Гидротехническое строительство речных сооружений и гидроэлектростанций», поступил ассистентом на кафедру гидротехнических сооружений. В 1973 г. был принят в аспирантуру к доктору технических наук, профессору П. А. Богословскому, в 1975 г. защитил кандидатскую диссертацию, затем работал доцентом. В 1993 г. защитил докторскую диссертацию «Взаимодействие водохранилищ с основанием и берегами в условиях вечной мерзлоты». Защита прошла в Санкт-Петербургском государственном техническом университете – цитадели российской гидротехнической науки. В том же году получил звание профессора. В 1995 г. был избран заведующим кафедрой гидротехнических сооружений и в этой должности работал до сентября 2021 г. В 2006–2013 гг. одновременно трудился в должности проректора по научной работе уже Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (ННГАСУ). С сентября 2021 г. С. В. Соболь работал профессором кафедры гидротехнических и транспортных сооружений.

Область научных интересов С. В. Соболя: взаимодействие гидроузлов и водохранилищ с окружающей средой в сложных природных условиях. Его список научных публикаций состоит из 180 наименований, 12 свидетельств на изобретения, автор монографий «Водохранилища в области вечной мерзлоты»,

«Фрактальные параметры водных объектов», «Водохранилища в окружающей среде», «Описание водохранилищ на реках России», «Фрактальные параметры водохранилищ Волжско-Камского каскада» и др. Подготовил к защите диссертаций 6 аспирантов и 2 докторантов.

Работал по научному анализу эксплуатации плотин Вилюйской, Хантайской, Курейской, Тельмамской, Амгуэмской гидроэлектростанций, малых гидроузлов на северо-востоке и в средней полосе России, по прогнозированию береговых процессов и оценке фрактальных параметров водохранилищ. Участник ФЦП «Возрождение Волги» (1998–2004 гг.), российско-германского научно-исследовательского проекта «Волга–Рейн» (1998–2008 гг.). Будучи заведующим, С. В. Соболь обеспечивал сотрудничество кафедры с компаниями «Алмазы России-Саха», «Волжский энергетический каскад», ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, Институт мерзлотоведения СО РАН и др. Принимал участие в проведении международных научно-промышленных форумов «Великие реки» (1999–2013 гг.). Организатор и главный редактор учрежденного в ННГАСУ в 2006 году периодического издания «Приволжский научный журнал». Для учебного процесса издал электронные курсы лекций по дисциплинам «Сооружения речных гидроузлов», «Гидротехнические сооружения водного транспорта», «Температурный режим гидротехнических сооружений в криолитозоне» и др.

За годы работы в ННГАСУ заслужил звание «Почетный работник высшего профессионального образования» (2008 г.), почетные грамоты от Госстроя (2000 г.) и Минрегионразвития (2005 г.), ведомственный орден «За заслуги в строительстве» от Российского союза строителей (2016 г.).

*Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, редакционная коллегия «Приволжского научного журнала» выражают глубокие соболезнования родным и близким Станислава Владимировича Соболя.*

*Светлая память о нем всегда будет жить в наших сердцах …*

**УДК 624.072.22**

**MARKINA Yuliya Dmitrievna, senior teacher of the chair of theory of structures and technical mechanics**

# VERIFICATION AND REFINEMENT OF THE METHODOLOGY FOR CALCULATING THE STIFFNESS OF JOINTS OF CRANE SECONDARY TRUSS IN ITS PLANE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: tstm@nngasu.ru, poluektoff@bk.ru
*Key words:* crane secondary truss, elastic supports, linear pliability, stiffness, bottom chord, stiffness of elastic supports.

*In this paper, the results of verification of the proposed methodology are presented, and refined formulas for calculating the compliance of the crane-way chord joints and the stiffness of elastic supports for crane secondary trusses with a different number of panels are presented.*

## Introduction

Crane secondary trusses (CST) are structures that combine the functions of crane systems (systems that support crane rails and allow overhead cranes to move along them) and the functions of main truss structure that supports secondary trusses and roof structures. Longitudinal CST are used when overhead cranes are moving along the building, they are widespread in industrial buildings of metallurgical plants. Spans of such structures can reach 48 meters, crane load capacity is over than 400 tons, crane operation modes at metallurgical plants are 7K, 8K. CST elements are made of dimensional welded I-beams and closed box sections with significant stiffness both in and out of the CST's plane.

The spatial work of the CST is ensured primarily by a strong crane-way chord of closed cross-section, which can equally work on bending in two planes and resist twisting deformations. The chord is made of thin-walled box section, often asymmetrical, with cantilevers, diaphragms, stiffeners and other reinforcing elements. The height and width of the section may exceed 3 meters [1]. Analytical calculation of the chord, on which the crane moves, is complicated by the fact that local concentrated crane loads applied to the chord with eccentricity cause its constrained torsion. Thin-walled beams of closed profile in torsion are in a complex stress-strain state (SSS), additional normal stresses and deformations occur in them [2]. The classical theory calculation of thin-walled beams with a closed profile was developed by A. A. Umansky [3]. Studies of the SSS of thin-walled beams with a closed profile and various methods of analysis are proposed in [4–7].

In accordance with the recommendations for the calculation of CST that are given in [8]:

– normal forces of the elements of the CST are determined by the design scheme, which is a truss with hinged joints and with the struts centered on the axis of the crane-way chord;

– bending moments in the crane-way chord consist of three components: moments in an unsplit beam on rigid supports; moments from the deflection of the truss due to the unsplit nature of the crane-way chord; moments from the eccentric connection of the lattice elements to the crane-way chord [9];

– the stiffness of joint connections of the crane-way chord with the CST's web members is not considered in the calculation [10].

The paper [11] proposes a refined design scheme of the crane-way chord, that takes into account the elastic pliability of the web in the plane of the truss, presents a method for determining the stiffness of the elastic supports emitting the work of the web and the results of an analytical method for selecting the cross-section and determining the stiffness of the elastic supports of the chord in the plane of the truss. This paper presents the results of verification of the methodology [11] on the CSTs with different geometrical parameters. The refined formulas for calculating the ductility of crane-way chord joints and the stiffness of the elastic supports are presented for CSTs with different number of panels.

**Research Methods**

The objects of validation of the methodology [11]:

1. CST No. 1 with a span of 36 m, located in the foundry of a metallurgical plant (Fig. 1);

2. CST No. 2 with a span of 36 m, made by TSNIISK for the Cherepovets metallurgical plant (Fig. 2);

3. CST No. 3 with a span of 48 m, designed for the same plant (Fig. 3);

4. CST No. 4–9-meter CST designed by TSNIISK for the purpose of experimentation (Fig. 4).

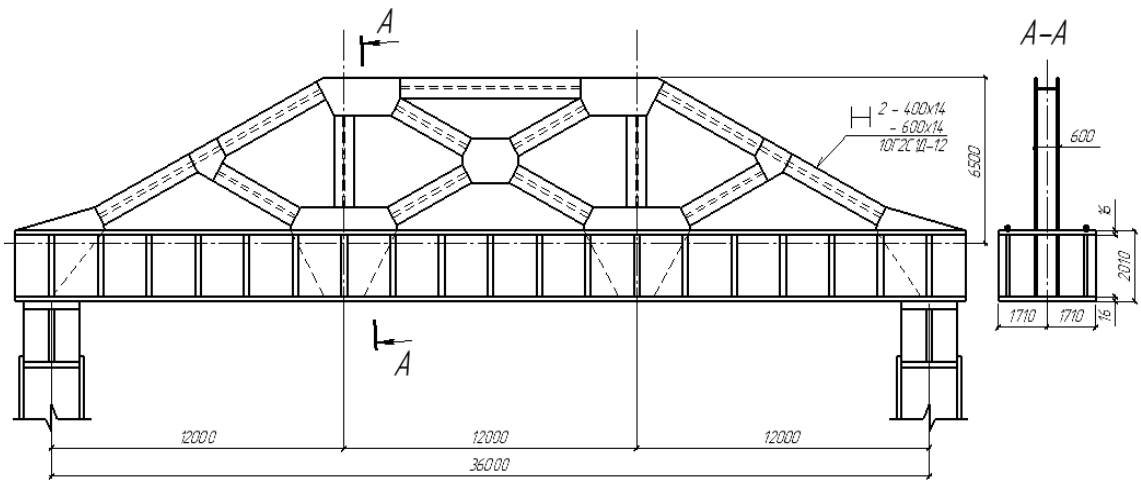



Fig. 1. CST No. 1

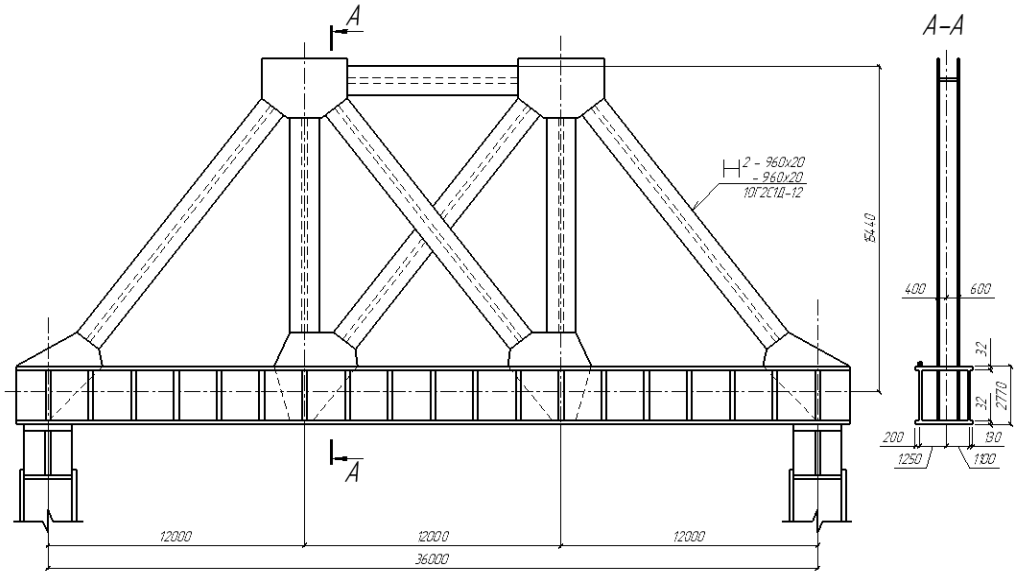



Fig. 2. CST No. 2

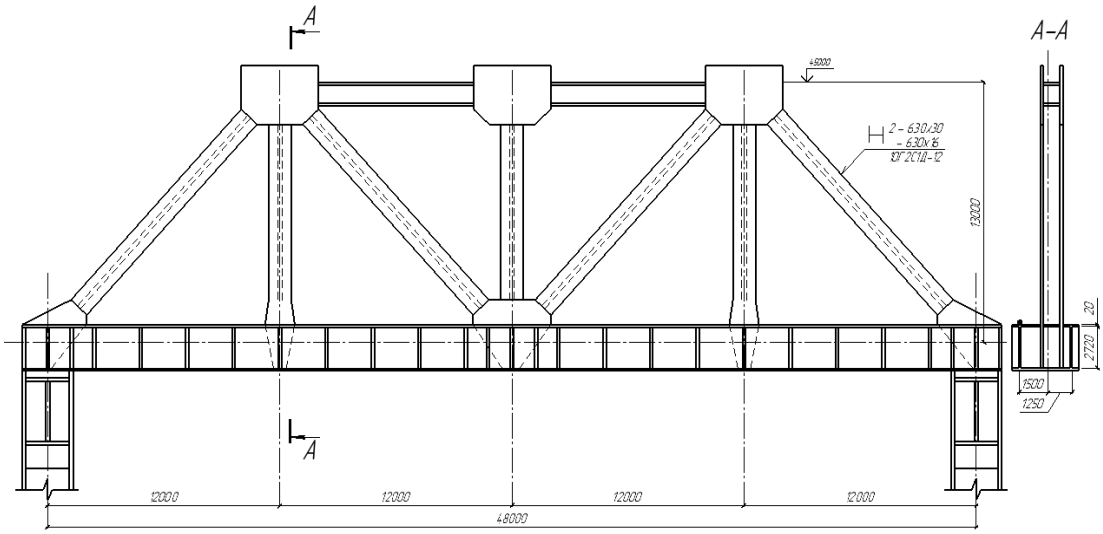



Fig. 3. CST No. 3

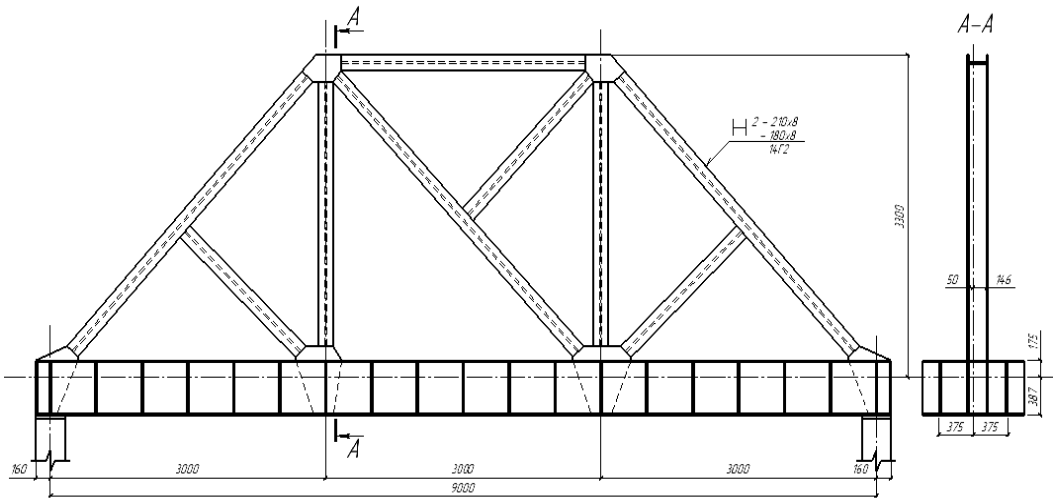



Fig. 4. CST No. 4

Analytical and numerical methods were used for each CST to determine the linear compliance of the joints of the web members adjoining the crane-way chord in the plane of the CST and the stiffness of the elastic supports that emit the work of these joints. The numerical calculation was performed in SCAD for a flat design scheme (DC) with rigid joints and considering the eccentricity of the web members fixing by rigid inserts [12]. The analytical method was calculated using the formulas [11]:

$$\delta_{CST} = \frac{2b\sum_1^m [M_{i\,BC}]^2}{3EI_{y\,BC}} + \frac{\sum_1^m l_{i\,w}[N_{i\,w}]^2}{EA_w}, \quad (1)$$

$$\mathrm{C_p} = \frac{EA_w}{\sum_1^m l_{i\,w}[N_{i\,w}]^2} + \frac{3EI_{y\,BC}}{b}\left(\frac{1}{2\sum_1^m [M_{i\,BC}]^2} - \frac{n}{(n-1)^2 b^2}\right)\left[\frac{\text{кН}}{\text{м}}\right], \quad (2)$$

$n$ – number of CST's panels;
$b$ – bottom chord panel length;
$M_{i\,BC}$– bending moments in the $i$-th node of the bottom chord of CST;
$N_{i\,w}$ – longitudinal forces in $i$-th web members and top chord;
$l_{i\,w}$ – length of the $i$-th web member or top chord;
$I_{y\,BC}$ – moment of inertia about an y axis at the bottom (crane-way) chord;
$A_w$ – area of web members and top chord.

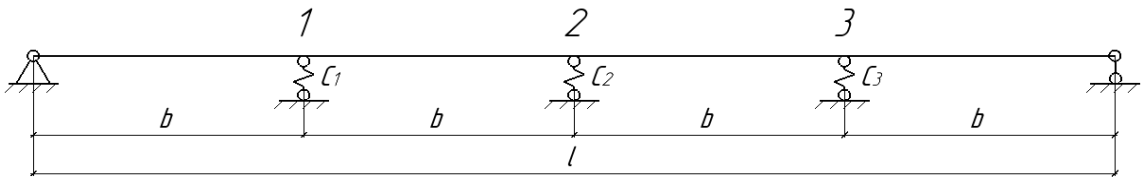
For CST No. 3, the calculation of joint's compliance and stiffness of elastic supports was performed for joints No. 1 and No. 2 (Fig. 5a).

Because of obtaining a high error in the results of the calculation of the compliance of the joint No. 2 an additional study of its components was performed in order to refine the calculation method [11]. The deflections and internal forces of CST No. 3 were determined by analytical method using the internally statically indeterminate hinge-rod model with a non-split bottom chord (Fig. 5b). The deflections $f_{\text{ППФ}}$ are calculated using the Moore-Maxwell formula:

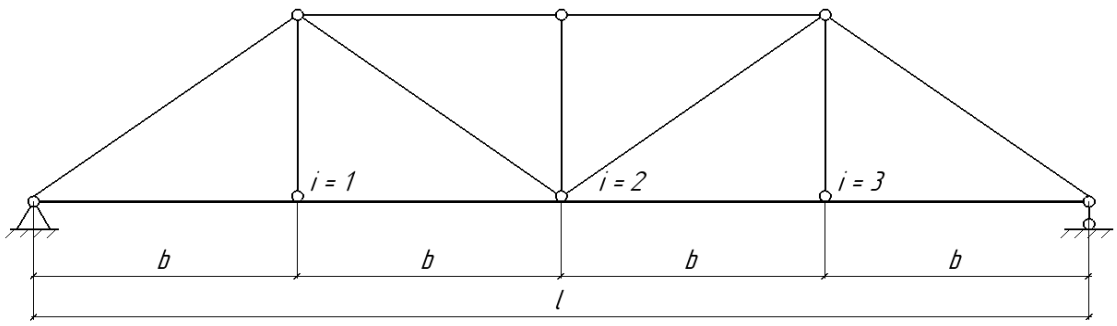
$$f_{CST} = \sum_1^m \int_0^l \frac{[\overline{M_{BC}^0}]^2}{EI_{y\,BC}} ds + \sum_1^m \int_0^l \frac{[\overline{N_i^0}]^2}{EA} ds\ [m], \quad (3)$$

$\overline{M_{BC}^0}$ и $\overline{N_i^0}$ – bending moment in the bottom chord elements and longitudinal forces in the CST rods caused by the action of a unit force $P = 1$, applied in the direction of the desired displacement; $l$ – length of the truss rod, the summation is performed for all rods.

The comparison of internal forces in CST No. 3 obtained by analytical and numerical methods of calculation is carried out, the accuracy of determination of displacement components is analyzed.




*a*




*b*

Fig. 5. DS for CST No. 3 for analytical calculation: *a* – equivalent to the crane-way chord on elastic supports; *b* – with non-split bottom chord

**Results**

Comparison of the results of the methodology [11] and numerical determination of joint compliance and stiffness of elastic supports for the researched CSTs are shown in Table 1 and Figs. 6–8.

Table 1

**Comparison of the results of the method [11] and numerical determination of the joint compliance and stiffness of the elastic supports of the bottom chord in the plane of the CST**

| No CST | Determination of the CST, mm | | Error in determining displace-ments, % | Stiffness of elastic supports, kN/mm | | Error in determining displace-ments, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | method [11] | numerical calculation | | method [11] | numerical calculation | |
| 1 | 3,273 | 3,22 | 1,63 | 272 | 277 | -1,86 |
| 2 | 2,003 | 1,98 | 1,14 | 411 | 417 | -1,41 |
| 3 node 1 | 2,683 | 2,6 | 3,08 | 308 | 320 | -3,85 |
| 3 node 2 | 4,295 | 3,755 | 12,57 | 197 | 230 | -17,03 |
| 4 | 0,765 | 0,76 | 0,67 | 676 | 685 | -1,31 |

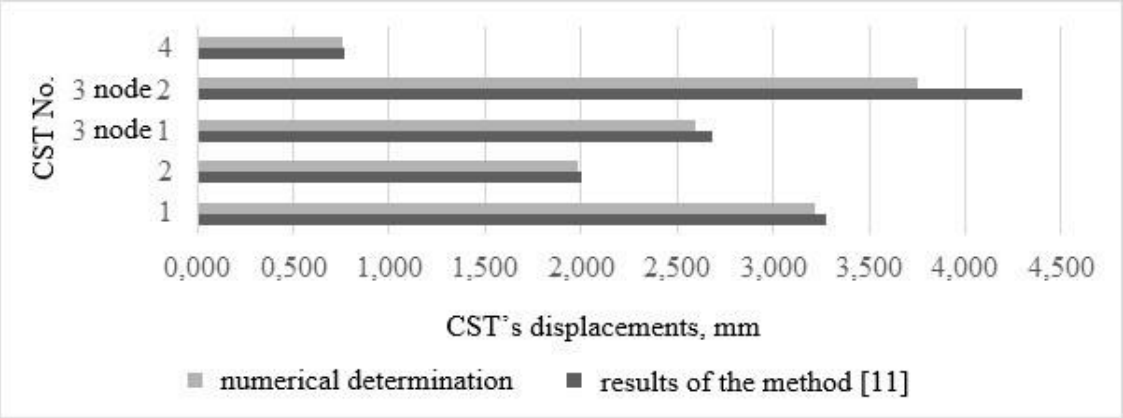



Fig. 6. CST's displacements

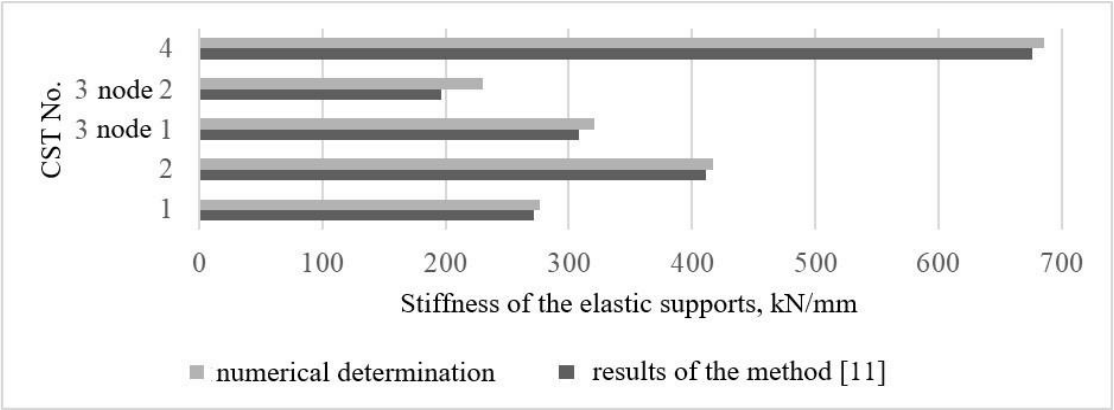



Fig. 7. Stiffness of the elastic supports of the bottom chord of the CST

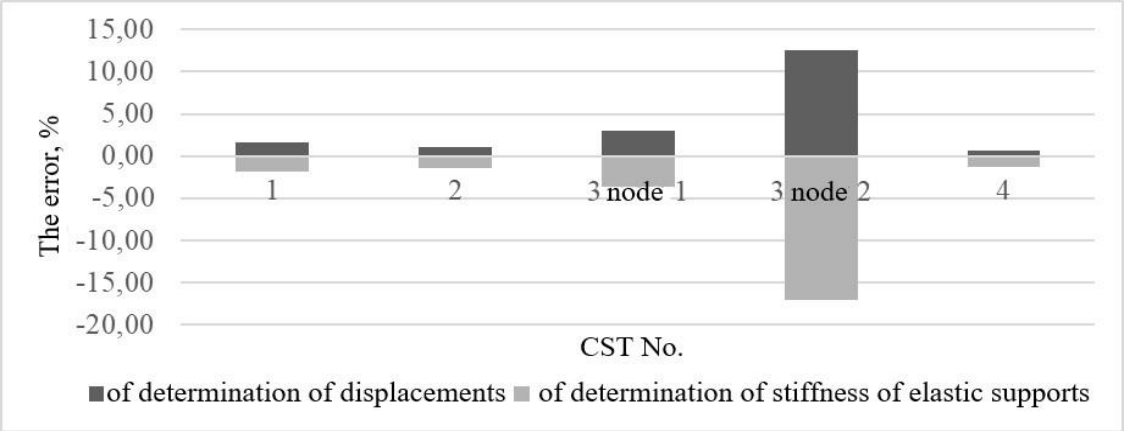



Fig. 8. Accuracy of determination of displacements and stiffness of elastic supports of the bottom chord of the CST

The error of the methodology [11] for determining the compliance of the nodes and the stiffness of the elastic supports of CSTs No. 1, No. 2 and No. 4 does not exceed 2 %. For CST No. 3 the error in determining the stiffness of elastic supports for nodes No. 1 and No. 3 is 4 %, for node No. 2-17 %. It can be predicted that the deviation of the method results from the numerical study will increase with the increase in the number of BCP panels.

The comparison of the longitudinal forces in the web and top chord elements $N_{i\,w}$ and bending moments in the bottom chord elements $M_{i\,BC}$, obtained by numerical and analytical methods, were carried out in order to refine the calculation methodology. The deflection and internal forces, which were obtained by the analytical method, were determined using an internally statically indeterminate hinge-rod model with an uncut bottom chord (Fig. 5*b*).

The results of the determination of the compliance of the bottom belt of CST No. 3 are given in Table 2 and in Fig. 9.

Table 2

**Comparison of the results of analytical and numerical methods for determining the compliance of the bottom chord nodes in the CST plane**

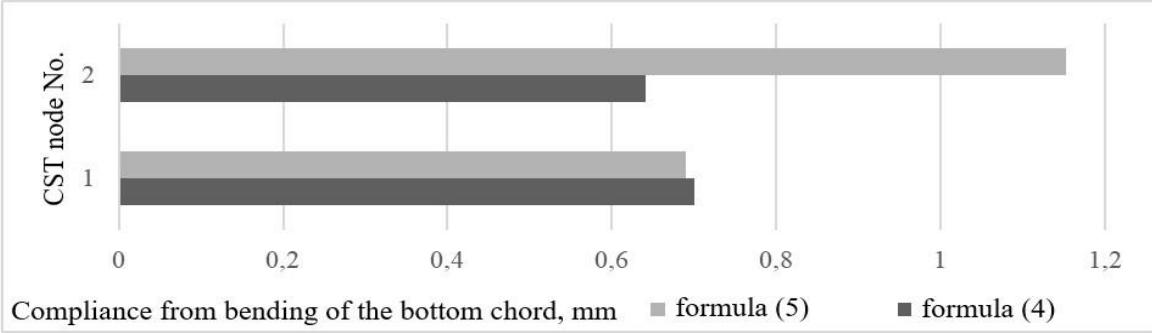
| Node No, *i* | Compliance from bending of the lower chord, mm | | CST's compliance, mm | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | formula (4) | formula (5) | formula (6) | formula (7) | numerically |
| 1 | 0,700191778 | 0,690 | 2,693 | 2,683 | 2,6 |
| 2 | 0,641256143 | 1,153 | 3,783 | 4,295 | 3,755 |

The accuracy of displacement component's determination is analyzed. According to the analysis, the error in determining the compliance of the nodes and the stiffness of the elastic supports in the plane of the CST obtains due to the simplification of the determination of the displacement from the bending of the bottom chord.

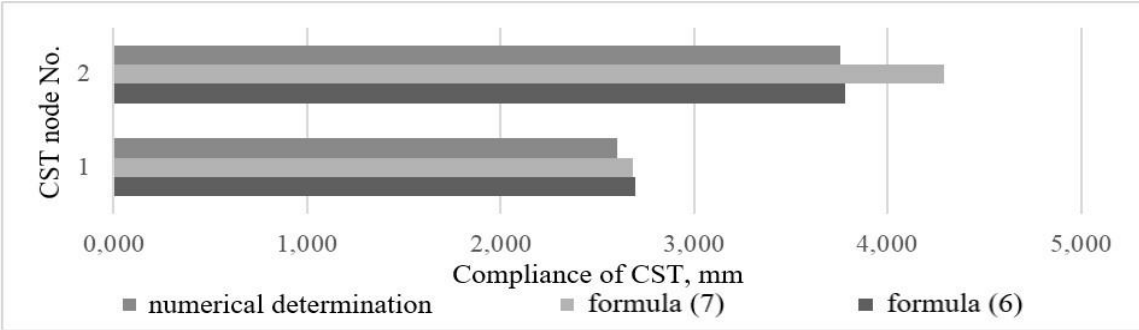
$$\delta_{CST\ from\ M_{BC}} = \sum_{1}^{m} \int_{0}^{l} \frac{[\overline{M_{BC}^{0}}]^2}{EI_{y\,BC}} ds, \tag{4}$$

in the form of

$$\delta_{CST\ from\ M_{BC}} = \frac{2b \sum_{1}^{m} [M_{i\,BC}]^2}{3EI_{y\,BC}}. \tag{5}$$




*a*




*b*

Fig. 9. Compliance of CST No. 3: *a* – from bending of the bottom chord; *b* – total

After the calculation using formula (6) for CST No. 3, the error in determining the total compliance relative to the numerical calculation method for node No. 2 is 0.7 %, for node No. 1–3.5 %.

The following formula should be used to calculate the compliance of the nodes of a crane-way chord consisting of 4 or more spans:

$$\delta_{CST} = \sum_{1}^{m} \int_{0}^{l} \frac{[\overline{M_{BC}^{0}}]^2}{EI_{y\,BC}} ds + \frac{\sum_{1}^{m} l_{i\,w}\,[N_{i\,w}]^2}{EA_w}, \qquad (6)$$

$i$ – number of the web's joint with the bottom chord (excluding the support one) – fig. 5.

For the nodes nearest to the supports $(i = 1; i = n - 1)$ of the three- and two-panel CST the formula (6) can be simplified:

$$\delta_{CST} = \frac{2b\sum_{1}^{m}[M_{i\,BC}]^2}{3EI_{y\,BC}} + \frac{\sum_{1}^{m} l_{i\,w}\,[N_{i\,w}]^2}{EA_w}. \qquad (7)$$

General view of the formula for determining the stiffness of elastic supports emitting the work of the grid attachment points in the CST plane:

$$C_i = \frac{EA_w}{\sum_{1}^{m} l_{i\,w}[N_{i\,w}]^2} + EI_{y\,BC}\left(\frac{1}{\int_0^l [\overline{M_{BC}^{0}}]^2} - \frac{3n}{(n-i)^2 i^2 b^3}\right)\left[\frac{kN}{mm}\right]. \qquad (8)$$

For the joints of the bottom chord with the web $(i = 1; i = n - 1)$ closest to the supports of a three- and two-panel CST, formula (8) is simplified to the form:

$$C_i = \frac{EA_w}{\sum_1^m l_{i\,w}[N_{i\,w}]^2} + \frac{3EI_{y\,BC}}{b}\left(\frac{1}{2\sum_1^m[M_{i\,BC}]^2} - \frac{n}{(n-1)^2 b^2}\right)\left[\frac{kN}{mm}\right]. \quad (9)$$

**Conclusions:**

1. Verification of the methodology for determining the compliance of the crane-way chord nodes and the stiffness of the elastic supports emitting the work of these nodes in the plane of the CST for different design solutions of the CST has been performed.

2. Clarification of the formula for calculating the stiffness of elastic supports for CST with different number of panels is carried out.

REFERENCES

1. Lampsi B. B., Khazov P. A., Markina Yu. D., Brikkel D. M. Vliyanie zhyostkosti elementov reshyotki na podatlivost ezdovogo poyasa podkranovo-podstropilnoy fermy (PPF) [The effect of the rigidity of the grid elements on the pliability of the crane secondary truss riding belt]. Privolzhskiy nauchny zhurnal. [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. № 2. P. 29–37.

2. Vlasov V. Z. Tonkostennye uprugie sterzhni [Thin-walled elastic rods]. Moscow: Fizmatgiz, 1959, 568 p.

3. Umanskiy A. A. Kruchenie i izgib tonkostennykh aviakonstruktsiy [Torsion and bending of thin-walled aircraft constructions]. Moscow: Oborongiz. 1939, 112 p.

4. Kolodziej, J. A., Fraska, A. Elastic Torsion of Bars Possessing Regular Polygon in Cross-Section Using BCM. Comput Struct. 2005. Vol. 84. № 2. P. 78–91.

5. Srinivasan V., Purushothaman T., Chatterjee S. Stress analysis of thin-walled circular and rectangular tubes subjected to torsion. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2017. Vol. 8. № 8. P. 1580–1587.

6. Omidvari A., Hematiyan M. Approximate closed-form formulae for buckling analysis of rectangular tubes under torsion. International Journal of Engineering. 2015. Vol. 28. № 8. P. 1226–1232.

7. Li L-Y., Easterbrook D. Free torsion of thin-walled structural members of open and closed-sections. Applied Mathematics and Mechanics. 2014. Vol. 35. № 1. P. 25–32.

8. Rukovodstvo po proektirovaniyu stalnykh podkranovykh konstruktsiy [Guidelines for the design of steel crane structures]. Moscow: TsNIIproektstalkonstruktsiya, 1976, 112 p.

9. Eryomin K. I., Shulga S. N. Vliyanie ekscentrisiteta na napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie verhnej zony stenok podkranovo-podstropil'nyh ferm [The influence of eccentricity on the stress-strain state of the upper zone of the walls of crane-sub-trusses]. Nauka i bezopasnost' [Science and Safety] / Avtonomn. nekom. organ-a "Nauchno-issled. institut "Prom. bezop.'". Magnitogorsk, 2015. – № 5(18). – P. 49–52.

10. Eryomin K. I., Shulga S. N. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie uzlov podkranovo-podstropil'nyh ferm [The stress-strain state of the nodes of crane-sub-trusses]. Industrial and Civil Engineering. Moscow, 2012. №. 4. P. 52–54.

11. Lampsi B. B., Markina Yu. D. ZHestkost' uzlov podkranovo-podstropil'noj fermy v eyo ploskosti [Stiffness of crane secondary truss joints in its plane]. Stroitel'naya mekhanika i konstrukcii [Construction Mechanics and Structures] / Voronezhskij gos. tekhn. un-t. Voronezh, 2023. No. 11. P. 51–63. DOI 10.36622/VSTU.2023.39.4.006.

12. Lampsi B. B., Markina Yu. D, Khazov P. A. Vliyaniye vysoty podkranovo-podstropilnoy fermy (PPF) na podatlivost ezdovogo poyasa [The effect of the height of the crane secondary truss on the pliability of the riding belt]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023. № 1. P. 28–34.

**Ю. Д. МАРКИНА, ст. преп. кафедры теории сооружений и технической механики**

## ПРОВЕРКА И УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЖЕСТКОСТИ УЗЛОВ ПОДКРАНОВО-ПОДСТРОПИЛЬНОЙ ФЕРМЫ В ЕЕ ПЛОСКОСТИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96; эл. почта: tstm@nngasu.ru, poluektoff@bk.ru

*Ключевые слова:* подкраново-подстропильная ферма, упругие опоры, линейная податливость, жесткость, ездовой пояс, жесткость упругих опор.

*Приведены результаты проверки предложенной методики, представлены уточненные формулы расчета податливости узлов ездового пояса и жесткости упругих опор для подкраново-подстропильных ферм с различным количеством панелей.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лампси, Б. Б. Влияние жесткости элементов решетки на податливость ездового пояса подкраново-подстропильной фермы (ППФ) / Б. Б. Лампси, П. А. Хазов, Ю. Д. Маркина, Д. М. Бриккель. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 2. – С. 29–37.

2. Власов, В. З. Тонкостенные упругие стержни / В. З. Власов. – Москва : Физматгиз, 1959. – 568 с. – Текст : непосредственный.

3. Уманский, А. А. Кручение и изгиб тонкостенных авиаконструкций / А. А. Уманский. – Москва : Оборонгиз, 1939. – 112 с. – Текст : непосредственный.

4. Kolodziej, J. A. Elastic Torsion of Bars Possessing Regular Polygon in Cross-Section Using BCM / J. A. Kolodziej, A. Fraska // Comput Struct. – 2005. – Vol. 84, № 2. – P. 78–91.

5. Srinivasan, V. Stress analysis of thin-walled circular and rectangular tubes subjected to torsion / V. Srinivasan, T. Purushothaman, S. Chatterjee // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2017. – Vol. 8, № 8. – P. 1580–1587.

6. Omidvari, A. Approximate closed-form formulae for buckling analysis of rectangular tubes under torsion / A. Omidvari, M. Hematiyan // International Journal of Engineering. – 2015. – Vol. 28, № 8. – P. 1226–1232.

7. Li L-Y. Free torsion of thin-walled structural members of open and closed-sections / Li L-Y., D. Easterbrook // Applied Mathematics and Mechanics. – 2014. – Vol. 35, № 1. – P. 25–32.

8. Руководство по проектированию стальных подкрановых конструкций / ЦНИИПроектстальконструкция. – Москва : [б. и.], 1976. – 112 с. – Текст : непосредственный.

9. Еремин, К. И. Влияние эксцентриситета на напряженно-деформированное состояние верхней зоны стенок подкраново-подстропильных ферм / К. И. Еремин, С. Н. Шульга. – Текст : непосредственный // Наука и безопасность. – 2015. – № 5(18). – С. 49–52.

10. Еремин, К. И. Напряженно-деформированное состояние узлов подкраново-подстропильных ферм / К. И. Еремин, С. Н. Шульга. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 4. – С. 52–54.

11. Лампси, Б. Б. Жесткость узлов подкраново-подстропильной фермы в ее плоскости / Б. Б. Лампси, Ю. Д. Маркина. – Текст : непосредственный // Строительная механика и конструкции. – 2023. – № 11. – С. 51–63. – DOI 10.36622/VSTU.2023.39.4.006.

12. Лампси, Б. Б. Влияние высоты подкраново-подстропильной фермы (ППФ) на податливость ездового пояса / Б. Б. Лампси, Ю. Д. Маркина, П. А. Хазов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 1. – С. 28–34.

**© Ю. Д. Маркина, 2024**

Получено: 29.11.2023 г.

**УДК 699.844**

**Д. С. КУЗЬМИН, аспирант, ст. преп. кафедры архитектуры; Д. В. МОНИЧ, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой архитектуры; В. Н. БОБЫЛЕВ, чл.-корр. РААСН, проф. кафедры архитектуры; П. А. ГРЕБНЕВ, канд. техн. наук, доц. кафедры архитектуры**

# НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ЛЕГКОЙ ПЕРЕГОРОДКИ С ФРАГМЕНТИРОВАННЫМИ ТОРКРЕТ-ОБЛИЦОВКАМИ И АКУСТИЧЕСКИМ РАЗОБЩЕНИЕМ СЛОЕВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57; эл. почта: dmitriy.monich@mail.ru

*Ключевые слова:* звукоизоляция, легкие перегородки, торкрет-облицовки, акустическое разобщение слоев, натурные экспериментальные исследования.

*Представлены результаты натурных экспериментальных исследований звукоизоляции нового типа звукоизолирующих ограждающих конструкций для применения в строительстве – бескаркасных легких перегородок с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев. Проведен сравнительный анализ частотных характеристик звукоизоляции нового типа ограждений с ограждением-аналогом, а также с однослойной перегородкой из пазогребневых гипсовых плит. Определены индексы изоляции воздушного шума для исследуемых образцов. Показано преимущество звукоизолирующих свойств легкой перегородки нового типа по сравнению с другими типами рассмотренных ограждений.*

Объектом исследования является легкая бескаркасная перегородка с торкрет-облицовками, предназначенная для применения в гражданском и промышленном строительстве в качестве звукоизолирующего ограждения между помещениями. Для данного типа ограждающих конструкций было предложено применять следующие параметры отдельных слоев [1]:

– торкрет-облицовки из строительных растворов на основе гипсовых смесей: толщина $h_1$ = 10–25 мм, плотность ρ = 900–1300 кг/м$^3$;

– средний слой из жестких легких материалов (минеральная вата, пенопласт, пенополистирол, древесное волокно и т. п.): толщина $h_2$ = 50–150 мм, плотность ρ = 100–200 кг/м$^3$;

– акустическое разобщение среднего слоя и торкрет-облицовок из упругого материала (маты полиэфирного волокна, пенополиэтилена и т. п.): толщина $h_3$ = 2–4 мм.

Параметры легких перегородок данного типа находятся в следующих пределах: толщина $h_{en}$ = 70–200 мм, поверхностная плотность μ = 20–100 кг/м$^2$.

Для проведения натурных экспериментальных исследований в общественном здании была смонтирована перегородка нового типа с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев, см. патент [2]. Схема конструктивного решения ограждения представлена на рис. 1. На рис. 1–6 цв. вклейки показаны основные этапы изготовления и монтажа натурного образца легкой перегородки.

**К СТАТЬЕ Д. С. КУЗЬМИНА, Д. В. МОНИЧА, В. Н. БОБЫЛЕВА, П. А. ГРЕБНЕВА «НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ЛЕГКОЙ ПЕРЕГОРОДКИ С ФРАГМЕНТИРОВАННЫМИ ТОРКРЕТ-ОБЛИЦОВКАМИ И АКУСТИЧЕСКИМ РАЗОБЩЕНИЕМ СЛОЕВ»**

*а* *б*

Рис. 1. Изготовление формообразующих решеток из пластиковых панелей: *а* – станок лазерной резки; *б* – готовые изделия

*а* *б*

Рис. 2. Изготовление среднего слоя многослойной перегородки: *а* – на маты из жесткой минеральной ваты приклеивается упругий материал (маты полиэфирного волокна), обеспечивающий акустическое разобщение среднего слоя и торкрет-облицовок; *б* – средний слой установлен между двумя помещениями, на лицевую поверхность упругого материала приклеиваются формообразующие решетки, обеспечивающие фрагментацию торкрет-облицовок

Рис. 3. Лицевая поверхность исследуемого образца с формообразующими решетками

Рис. 4. Заполнение торкрет-смесью ячеек формообразующих решеток

Рис. 5. Нанесение финишного слоя торкрет-смеси с выравниванием поверхности по вертикальным маякам

Рис. 6. Лицевая поверхность исследуемой перегородки при проведении измерений звукоизоляции

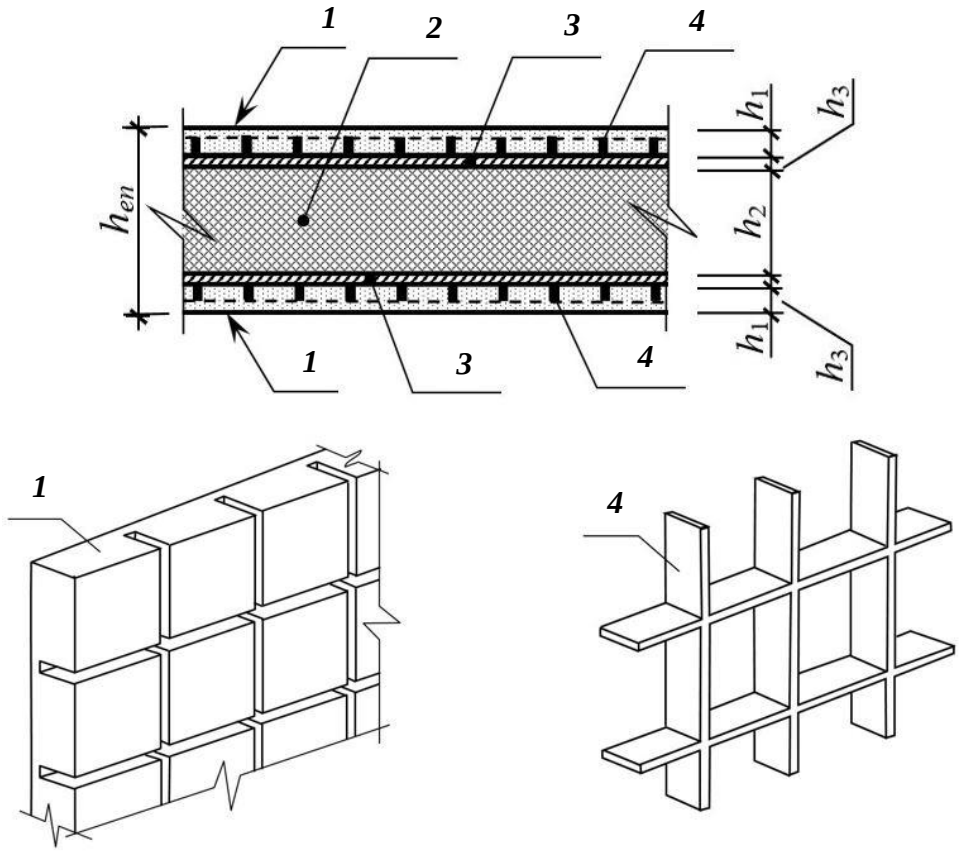



Рис. 1. Схема конструктивного решения легкой бескаркасной перегородки с акустическим разобщением слоев и фрагментированными торкрет-облицовками общей толщиной $h_{en}$ (поперечное сечение): *1* – фрагментированная монолитная торкрет-облицовка (гипсовая смесь) толщиной $h_1$; *2* – средний слой (жесткая минеральная вата или пенопласт) толщиной $h_2$; *3* – упругий слой, обеспечивающий акустическое разобщение среднего слоя и торкрет-облицовок (маты из полиэфирного волокна) толщиной $h_3$; *4* – формообразующая решетка (пенопласт или пластик), обеспечивающая фрагментирование монолитных торкрет-облицовок при нанесении гипсовой смеси

Конструктивное решение нового типа легкой звукоизолирующей перегородки было разработано по результатам теоретических исследований, представленных в работе [3]. Были определены наиболее эффективные способы повышения звукоизоляции легких перегородок с торкрет-облицовками: способ-1 «Акустическое разобщение торкрет-облицовок и среднего слоя»; способ-2 «Фрагментирование торкрет-облицовок». Лабораторные экспериментальные исследования показали значительную эффективность совместной реализации способа-1 и способа-2 [3].

На рис. 2 представлены результаты натурных экспериментальных измерений звукоизоляции двух образцов – исследуемой перегородки с торкрет-облицовками (образец № 1, кривая 1) и перегородки из сэндвич-панели с листовыми облицовками из гипсоволокнистых листов (ГВЛ), с пазогребневым соединением среднего слоя (образец № 2, кривая 2). Сравнительный анализ этих результатов представляет интерес, т. к. обе перегородки относятся к одному типу звукоизолирующих ограждений (бескаркасные сэндвич-панели) и их основные

параметры соизмеримы по величинам: 1) поверхностная плотность: $\mu_1$ = 53,2 кг/м$^2$; $\mu_2$ = 60,5 кг/м$^2$; 2) толщина: $h_1$ = 108 мм; $h_2$ = 100 мм. Примечание: здесь и далее нумерация в нижних индексах параметров перегородок соответствует их нумерации на рисунках.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1) звукоизоляция образцов № 1 и № 2 соизмерима друг с другом в диапазоне частот от 100 до 2000 Гц (отличия составляют от 1 до 3 дБ). Это можно объяснить соизмеримыми значениями основных параметров ограждений – поверхностной плотности и толщины;

2) резонансные частоты системы «масса-упругость-масса» для обоих образцов расположены на одной третьоктавной частоте ($f_{msm1,2}$ = 100 Гц), что подтверждает эффективность примененных способов повышения звукоизоляции сэндвич-панелей в виде акустического разобщения среднего слоя и облицовок, а также пазогребневого соединения среднего слоя;

3) применение фрагментации торкрет-облицовок (образец № 1) позволило сместить граничную частоту области полных пространственных резонансов (ППР) за верхнюю границу нормируемого диапазона частот ($f_{bmn1}$ = 5000 Гц > 3150 Гц). Для образца № 2 с листовыми облицовками из ГВЛ резонансный провал расположен в пределах нормируемого диапазона частот ($f_{bmn2}$ = 3150 Гц);

4) в диапазоне частот от 500 до 1600 Гц наблюдается снижение звукоизоляции обоих образцов, что объясняется косвенной передачей звука через смежные ограждающие конструкции помещений, транзитные трубопроводы, дверные проемы в смежных помещениях;

5) фактические индексы изоляции воздушного шума образцов составили следующие величины: $R'_{w1}$ = 48 дБ; $R'_{w2}$ = 47 дБ.

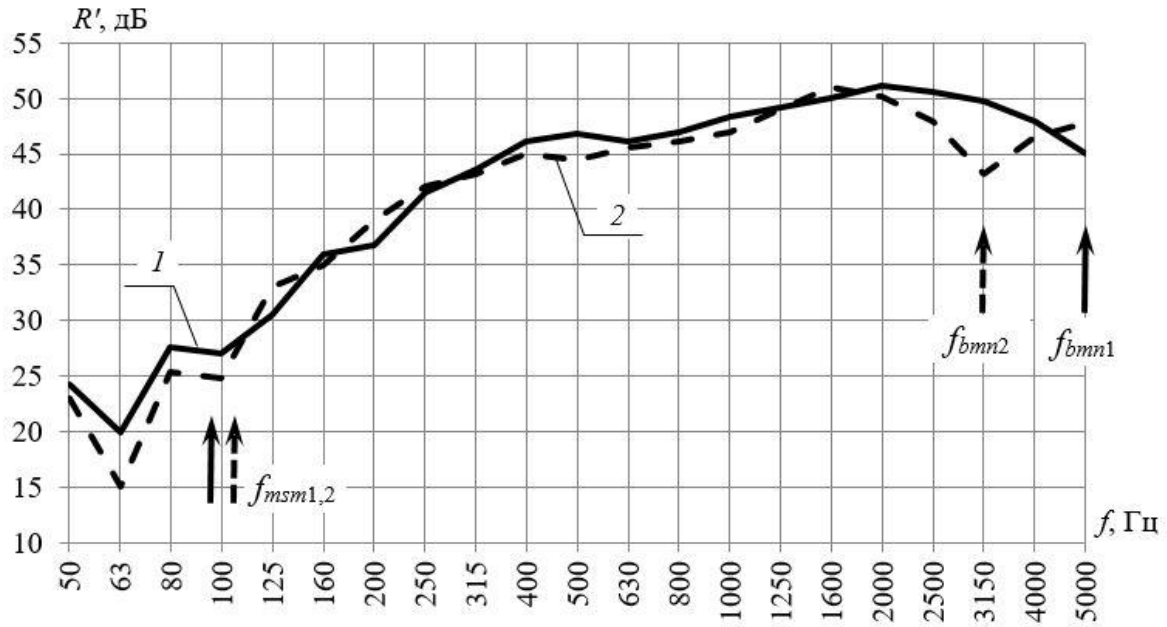



Рис. 2. Результаты натурных экспериментальных исследований звукоизоляции легких бескаркасных перегородок (размеры образцов 2,65× 2,2 м): *1* – образец № 1, перегородка с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев ($\mu_1$ =53,2 кг/м$^2$; $h_1$ = 108 мм); *2* – образец № 2, перегородка из сэндвич-панели с листовыми облицовками из ГВЛ, с пазогребневым соединением среднего слоя ($\mu_2$ = 60,5 кг/м$^2$; $h_2$ = 100 мм)

На рис. 3 представлены результаты натурных экспериментальных измерений звукоизоляции двух образцов – исследуемой перегородки с торкрет-облицовками (образец № 1, кривая 1) и однослойной перегородки из пазогребневых гипсовых плит (ПГП), образец № 2 (кривая 2).

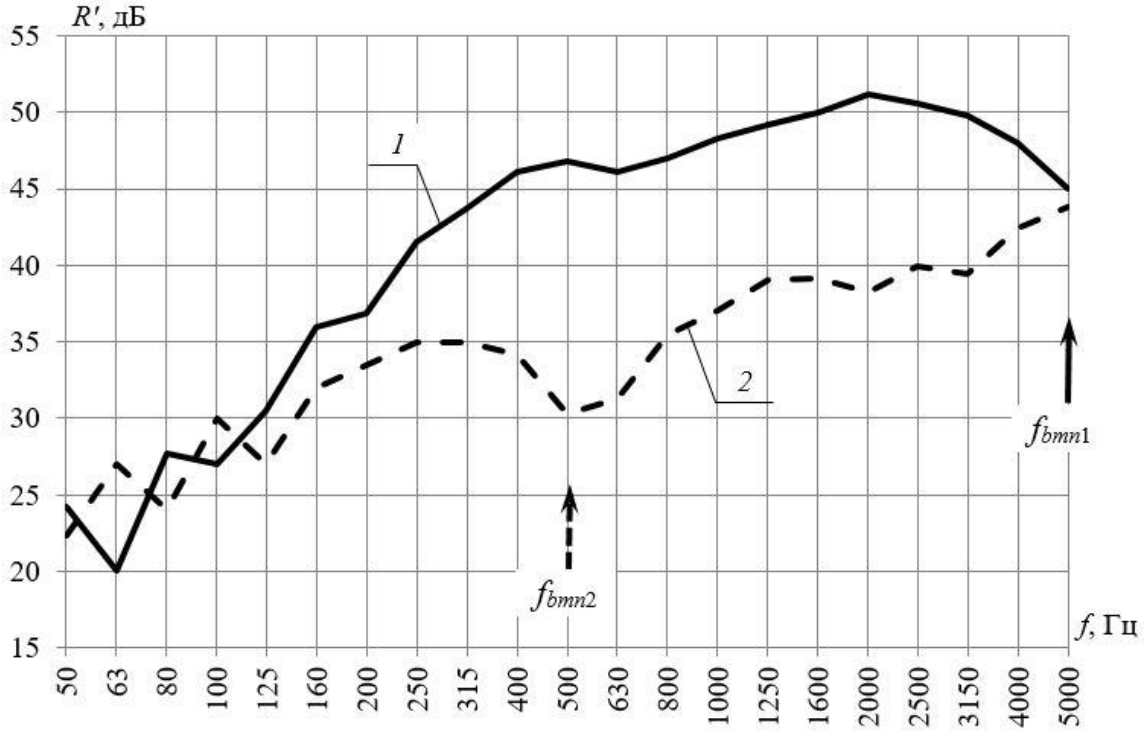



Рис. 3. Результаты натурных экспериментальных исследований звукоизоляции легких перегородок (размеры образцов 2,65×2,2 м): *1* – образец № 1, перегородка с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев ($\mu_1$ = 53,2 кг/м$^2$; $h_1$ = 108 мм); *2* – образец № 2, однослойная перегородка из ПГП ($\mu_2$ = 80 кг/м$^2$; $h_2$ = 80 мм)

Анализируя представленные результаты, можно сделать следующие выводы:

1) звукоизоляция исследуемого типа многослойной перегородки (образец № 1) значительно превышает звукоизоляцию однослойной перегородки (образец № 2) в широком диапазоне частот от 125 до 5000 Гц на величины от 2 до 17 дБ;

2) частотная характеристика звукоизоляции образца № 1 не имеет значительных резонансных провалов в нормируемом диапазоне частот (от 100 до 3150 Гц). Для образца № 2 наблюдается значительное снижение звукоизоляции вблизи граничной частоты области ППР ($f_{bmn2}$ = 500 Гц) в широком диапазоне частот от 400 до 1250 Гц;

3) фактические индексы изоляции воздушного шума образцов составили следующие величины: $R'_{w1}$ = 48 дБ; $R'_{w2}$ = 37 дБ.

По результатам проведенных натурных экспериментальных исследований можно сделать вывод об эффективности разработанных способов повышения звукоизоляции легких перегородок с торкрет-облицовками [3]. Благодаря их применению области снижения звукоизоляции образцов, расположенные вблизи

резонансной частоты системы «масса-упругость-масса» ($f_{msm}$) и граничной частоты области ППР ($f_{bmn}$), были смещены за нижний и верхний пределы нормируемого диапазона частот, соответственно.

Новый тип легкой звукоизолирующей перегородки с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев может быть рекомендован для применения в гражданском и промышленном строительстве в качестве внутренней ограждающей конструкции между помещениями [4]. В настоящее время разработка и внедрение новых типов легких звукоизолирующих ограждений является актуальной задачей для строительного комплекса России [5, 6]. Исследованная в натурных условиях перегородка обеспечивает выполнение нормативных требований СП 51.13330 «Защита от шума» по величине фактического индекса изоляции воздушного шума ($R'_w$ = 48 дБ) и может применяться в следующих типах зданий:

1) в жилых зданиях – в качестве перегородок без дверей между комнатами ($R_{w\text{треб}} \geq 43$ дБ); перегородок между кухней и комнатой в квартире ($R_{w\text{треб}} \geq 43$ дБ); перегородок между санузлом и комнатой одной квартиры ($R_{w\text{треб}} \geq 47$ дБ);

2) в административных зданиях и в офисах – в качестве перегородок между кабинетами и отделяющие кабинеты от рабочих комнат ($R_{w\text{треб}} \geq 45$ дБ);

3) в административных зданиях и в офисах – в качестве перегородок между офисами различных фирм, между кабинетами различных фирм ($R_{w\text{треб}} \geq 48$ дБ);

4) в больницах и санаториях – в качестве перегородок между палатами, кабинетами врачей ($R_{w\text{треб}} \geq 48$ дБ);

5) в образовательных организациях – в качестве перегородок между классами, кабинетами и аудиториями и перегородок, отделяющих эти помещения от помещений общего пользования ($R_{w\text{треб}} \geq 48$ дБ);

6) в дошкольных образовательных организациях – в качестве перегородок между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами ($R_{w\text{треб}} \geq 47$ дБ).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмин, Д. С. Экспериментальные исследования звукоизоляции сэндвич-панелей с торкрет-облицовками / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, О. В. Градова. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – Москва : Стройматериалы, 2022. – № 7. – С. 18–23.

2. Патент № 217696 Российская Федерация. Звукоизолирующее ограждение с облицовками из метаматериала : заявл. 21.02.2023 : опубл. 12.04.2023 / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, В. И. Ерофеев ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Текст : непосредственный.

3. Способы повышения звукоизоляции легких перегородок с торкрет-облицовками / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, М. А. Пороженко. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2023. – № 7. – С. 10–16.

4. Шубин, И. Л. Звукоизоляция ограждающих конструкций в многоэтажных зданиях. Требования и методы обеспечения / И. Л. Шубин, В. А. Аистов, М. А. Пороженко. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2019. – № 3. – С. 33–43.

5. Кочкин, А. А. Физико-технические основы проектирования звукоизоляции легких ограждающих конструкций зданий из элементов с вибродемпфирующими слоями : монография / А. А. Кочкин, Н. А. Кочкин. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – 163 с.

6. Способы повышения звукоизоляции ограждающих конструкций зданий / А. А. Кочкин, Л. Э. Шашкова, Н. А. Кочкин, А. В. Иванова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1. – С. 41–51.

**KUZMIN Denis Sergeevich, postgraduate student, senior teacher of the chair of architecture; MONICH Dmitry Viktorovich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of architecture; BOBYLYOV Vladimir Nikolaevich, corresponding member of RAACS, professor of the chair of architecture; GREBNEV Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of architecture**

## FULL-SCALE EXPERIMENTAL STUDIES OF SOUND INSULATION OF LIGHT PARTITIONS WITH SHOTCRETED CLADDINGS AND ACOUSTIC SEPARATION OF LAYERS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: dmitriy.monich@mail.ru
*Key words:* sound insulation, light partitions, shotcreted cladding, acoustic separation of layers, full-scale experimental studies.

*The article presents the results of full-scale experimental studies of sound insulation of a new type of sound-insulating enclosing structures for use in construction, i.e. frameless lightweight partitions with fragmented shotcreted claddings and acoustic separation of layers. A comparative analysis of the frequency characteristics of sound insulation of a new type partition with an analogue enclosures, as well as with a single-layer partition made of tongue-and-groove gypsum boards, was carried out. Airborne noise insulation indices were determined for the samples under study. The advantage of the sound-insulating properties of a new type of light partition compared to other types of partitions considered is shown.*

REFERENCES

1. Kuzmin D. S., Monich D. V., Grebnev P. A., Gradova O. V. Eksperimentalnye issledovaniya zvukoizolyatsii sendvich-paneley s torkret-oblitsovkami [Experimental studies of sound insulation of sandwich panels with shotcrete facings]. Zhilischnoe stroitelstvo [Housing construction]. Moscow, Stroymaterialy, 2022. № 7. – P. 18–23.

2. Patent № 217696 Rossiyskaya Federatsiya. Zvukoizoliruyuschee ograzhdenie s oblitsovkami iz metamateriala [Sound insulating enclosure with metamaterial linings] : zayavl. 21.02.2023 : opubl. 12.04.2023 / Kuzmin D. S., Monich D. V., Bobylyov V. N., Grebnev P. A., Erofeev V. I.; Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t.

3. Kuzmin D. S., Monich D. V., Grebnev P. A., Porozhenko M. A. Sposoby povysheniya zvukoizolyatsii lyogkikh peregorodok s torkret-oblitsovkami [Methods for increasing the sound insulation of light partitions with shotcrete linings]. Zhilischnoe stroitelstvo [Housing construction]. Moscow, Stroymaterialy, 2023. –№ 7. P. 10–16.

4. Shubin I. L., Aistov V. A., Porozhenko M. A. Zvukoizolyatsiya ograzhdayuschikh konstruktsiy v mnogoetazhnykh zdaniyakh. Trebovaniya i metody obespecheniya [Sound insulation of enclosing structures in many storey buildings. Requirements and methods of provision]. Stroitelnye materialy [Construction Materials]. – 2019. – № 3. – P. 33–43.

5. Kochkin A. A., Kochkin N. A. Fiziko-tekhnicheskie osnovy proektirovaniya zvukoizolyatsii lyogkikh ograzhdayuschikh konstruktsiy zdaniy iz elementov s

vibrodempfiruyuschimi sloyami [Physical and technical fundamentals for designing sound insulation of light enclosures of buildings of elements with vibration damping layers]. Monografiya. Vologda: Vologod. gos. un-t, 2022. – 163 p.

6. Kochkin A. A., Shashkova L. E., Kochkin N. A., Ivanova A. V. Sposoby povysheniya zvukoizolyatsii ograzhdayuschikh konstruktsiy zdaniy [Ways to increase sound insulation of enclosures of buildings] Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. № 1. – P. 41–51.

**© Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, 2024**
Получено: 28.12.2023 г.

**УДК 624.014**

**О. В. КОЛОТОВ, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой строительных конструкций**

# РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ СТАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ РАЗМЕРОМ 18×18 М И ОЦЕНКА ИХ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-88; эл. почта: k_mk@nngasu.ru

*Ключевые слова:* модульные покрытия, стропильные фермы, стропильные балки, подстропильные фермы, подстропильные балки, горизонтальные связи.

*Рассмотрены 2 варианта конструктивного решения модульного покрытия размером 18×18 м, состоящего из взаимно перпендикулярных стропильных и подстропильных конструкций. Разработана система связей, обеспечивающая пространственную жесткость. Выполнен анализ полученных результатов.*

В статьях [1], [2], [3] рассмотрены модульные покрытия размером 30×30 м в виде перекрестных ферм и балок, опирающихся на четыре колонны, по типу покрытия «Кисловодск». Для рассмотренных покрытий приведены конструктивные схемы и дан анализ по расходу стали. Проанализированы их достоинства и недостатки.

Покрытия размером 30×30 м являются достаточно большими и рациональны в применении для крупных производственных фирм или складских комплексов. Для малого и среднего бизнеса увеличение производственных или складских площадей требуется поэтапным и в меньших размерах.

В настоящей статье рассмотрены два модульных покрытия аналогичной конструктивной схемы размером 18×18 м, состоящие из взаимно перпендикулярных стропильных и подстропильных конструкций. Покрытия оснащены системой связей, обеспечивающей пространственную жесткость. Они опираются на 4 колонны, расположенные с сеткой 12×12 м, по типу конструкции «Кисловодск». Модули запроектированы на нагрузку 400 кг/м². Расчеты выполнены по [1]. В работе приведено сравнение по расходу стали для вариантов модульных покрытий.

Первый вариант покрытия представляет собой систему взаимно перпендикулярных стропильных балок (СБ) и подстропильных балок (ПБ) с системой горизонтальных и вертикальных связей (С). Стропильные балки расположены с шагом 3,48 м и сопряжены с подстропильными балками в одном уровне. Стропильные балки двутавровые имеют переменное сечение по длине (в коньке – 570 мм, на конце консолей – 195 мм). Подстропильные балки двутавровые имеют постоянное сечение в середине пролета и переменное сечение на консолях (в пролете – 650 мм, на конце консолей – 280 мм). Подстропильные балки опираются на колонны (К). Монтажные соединения балок запроектированы на фланцах. По стропильным балкам устраивается кровля с профилированным настилом Н75-750-0,8.

Схема покрытия по первому варианту приведена на рис. 1.

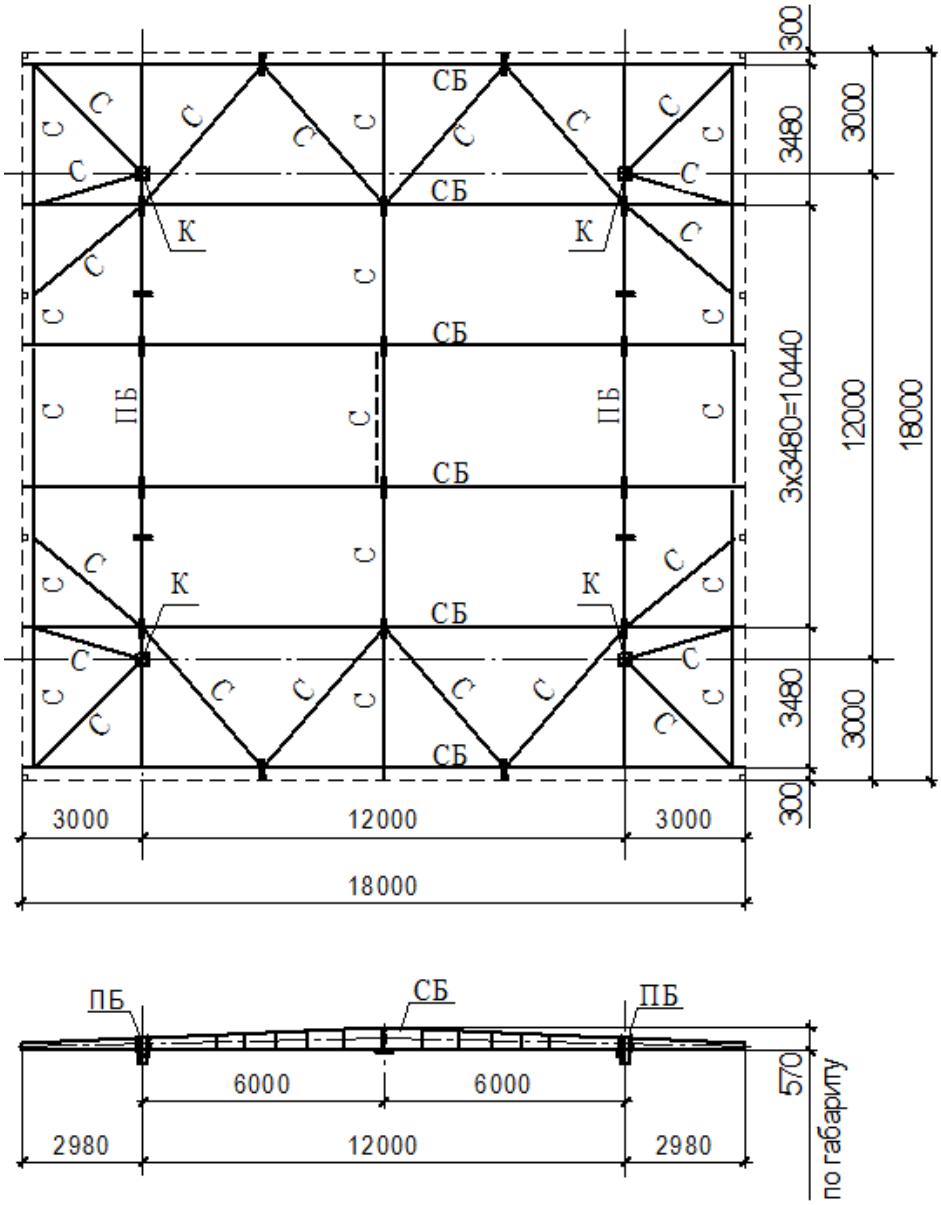



Рис. 1. Схема покрытия по первому варианту со стропильными и подстропильными балками

Второй вариант покрытия представляет собой систему взаимно перпендикулярных стропильных ферм (СФ) и подстропильных ферм (ПФ) с системой горизонтальных и вертикальных связей (С). Стропильные фермы расположены с шагом 3,0 м и сопряжены с подстропильными фермами в одном уровне. Стропильные фермы из гнутозамкнутых сварных профилей имеют переменное сечение по длине (в коньке 1500 мм, на конце консолей 720 мм). Подстропильные фермы из гнутозамкнутых сварных профилей имеют постоянное сечение по длине 1250 мм. Подстропильные фермы опираются на колонны (К). Монтажные соединения отправочных марок ферм разработаны на фланцах. По стропильным фермам устраивается кровля с профилированным настилом Н75-750-0,8.

Схема покрытия по второму варианту приведена на рис. 2.

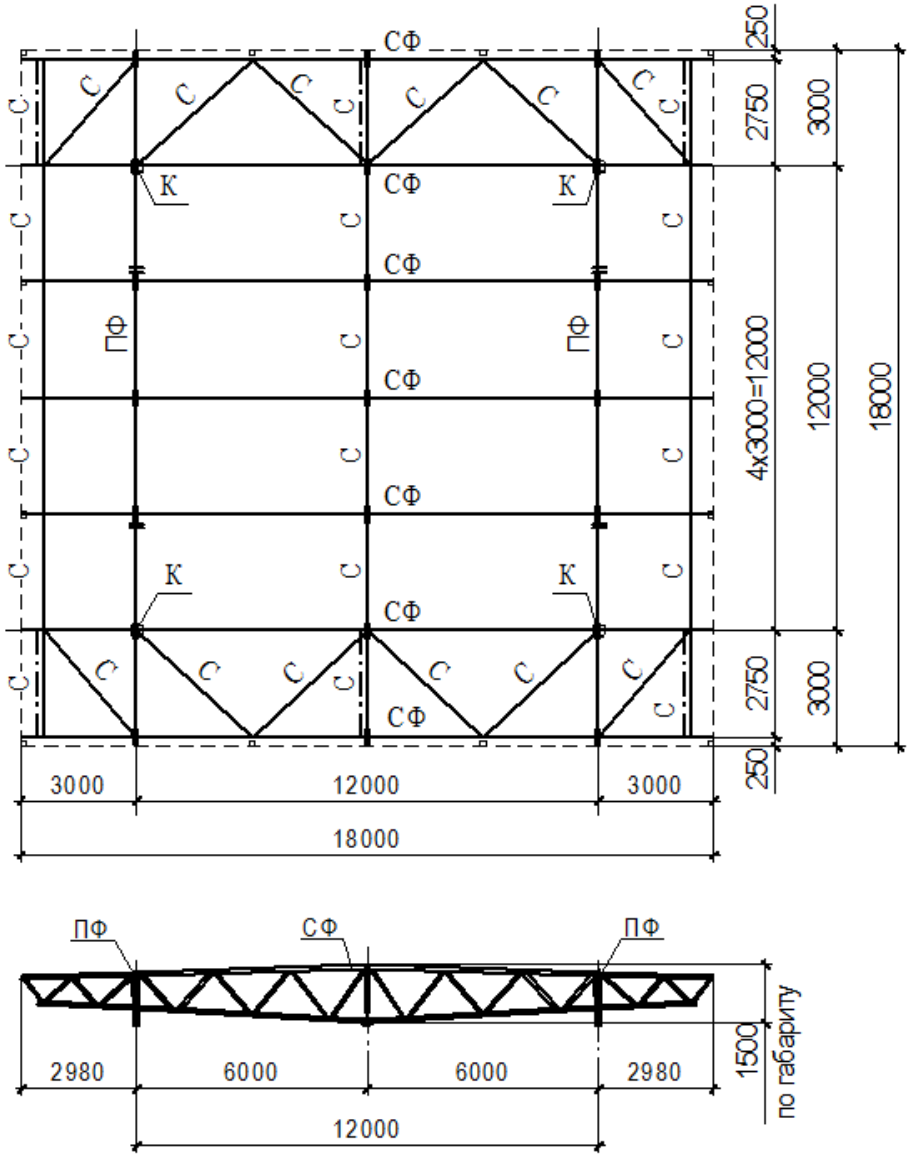



Рис. 2. Схема покрытия по второму варианту со стропильными и подстропильными фермами

Конструктивные решения покрытий разработаны на стадии рабочих чертежей.

Расход стали на 1 м$^2$ рассмотренных покрытий приведен в таблице.

**Технико-экономические показатели по расходу стали покрытий**

| Конструктивный элемент | Расход стали на 1 м² покрытия, кг/м² | |
|---|---|---|
| | Покрытие со стропильными и подстропильным балками (Вариант 1) | Покрытие со стропильными и подстропильными фермами (Вариант 2) |
| Подстропильные балки (ПБ) или фермы (ПФ) | 8,73 | 14,01 |
| Стропильные балки (СБ) или фермы (СФ) | 13,13 | 7,57 |
| Связи (С) | 3,38 | 2,67 |
| Всего: | 25,24 | 24,25 |

Анализ полученных результатов показал:

1) рассмотренные варианты покрытий имеют расход стали: для покрытия по первому варианту – 25,24 кг/м$^2$, для покрытия по второму варианту – 24,25 кг/м$^2$. Расход стали на структурное покрытие «Кисловодск СП30-350» с учетом пересчета его на нагрузку 400 кг/м$^2$ составляет 21 кг/м$^2$. Таким образом, рассмотренные покрытия по варианту 1 тяжелее на 16,7 %, по варианту 2 – тяжелее на 13,4 %.

2) наименьший расход стали имеет покрытие с фермами (Вариант 2) – 24,25 кг/м$^2$.

3) недостатком конструктивного решения по варианту 1 (перекрестные балки) является необходимость при изготовлении иметь технологическое оборудование, позволяющее изготавливать сварные балки переменного сечения.

4) в покрытиях использованы гнутозамкнутые сварные профили и листовой прокат по стоимости дешевле в среднем на 27 %, чем круглые трубы в структуре «Кисловодск».

5) рассмотренные покрытия имеют длины отправочных элементов не более 6,6 м и максимальную массу монтажного элемента 0,45 т. Их легко монтировать в сельских и труднодоступных районах.

6) дальнейшее повышение эффективности покрытий может достигаться за счет совершенствования расчета и конструирования фланцевых узлов и узлов сопряжения элементов из гнутозамкнутых сварных профилей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колотов, О. В. Универсальное покрытие балочного типа / О. В. Колотов. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2009. – Выпуск 12. – С. 222–224.

2. Кудряшов, В. В. Анализ эффективности универсального покрытия балочного типа при применении балок с гибкой стенкой / В. В. Кудряшов, О. В. Колотов. – Текст : непосредственный // Межвузовский сборник статей лауреатов конкурсов / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2009. – Выпуск 11. – С. 195–196.

3. Колотов, О. В. Модульные покрытия типа «Кисловодск» / О. В. Колотов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 1. – С. 71–76.

4. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : актуализированная редакция СНиП II-23-81* : дата введения 28 августа 2017 г. [редакция от 34декабря 2019 г.]. – URL: https://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

5. Москалев, Н. С. Стальные конструкции зданий : учебное пособие / Н. С. Москалев, Р. А. – Москва : АСВ, 2003. – 216 с. – Текст : непосредственный.

**KOLOTOV Oleg Vasilevich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of building structures**

## DEVELOPMENT OF DESIGN SCHEMES OF STEEL COATINGS WITH A SIZE OF 18×18 M AND ASSESSMENT OF THEIR METAL CONTENT

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-88;
e-mail: k_mk@nngasu.ru
*Key words:* modular coverages, truss frames, rafter beams, substructure trusses, sub-rafter beams, horizontal bracing.

*The article considers 2 variants of a constructive solution for a modular roof measuring 18x18 m, consisting of mutually perpendicular rafter and sub-rafter structures. A system of ties has been developed to ensure spatial rigidity. The analysis of the obtained results is performed.*

REFERENCES

1. Kolotov O. V. Universalnoe pokrytie balochnogo tipa [Universal beam type coating]. Vestnik VRO RAACS [Bulletin of the VRO RAASN]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit un-t. Nizhny Novgorod, 2009. Issue 12. – P. 222–224.

2. Kudryashov V. V., Kolotov O. V. Analiz effektivnosti universalnogo pokrytiya balochnogo tipa pri primenenii balok s gibkoy stenkoy [Analysis of the effectiveness of a universal beam-type coating when using beams with a flexible web]. Mezhvuzovskiy sbornik statey laureatov konkursov [Interuniversity collection of articles of competition laureates]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit un-t. Nizhny Novgorod, 2009. Issue 11. – P. 195–196.

3. Kolotov O. V. Modulnye pokrytiya tipa “Kislovodsk” [Modular coatings of the «Kislovodsk» type]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit un-t. – Nizhny Novgorod: 2023. – № 1. – P. 71–76.

4. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruktsii [Steel structures]: svod pravil: utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Min-va stroit-va i zhilischno-kommunal. khoz-va RF ot 27 fevralya 2017 g. № 126/pr: aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81*: data vved. 28 avgusta 2017 g. [redaktsiya ot 4 dekabrya 2019 g.]. – URL: https://www.consultant.ru.

5. Moskalyov N. S., Popova R. A. Stalnye konstruktsii zdaniy [Steel Structures of Buildings]: ucheb. posobie. – Moscow : ASV, 2003. – 216 p.

**© О. В. Колотов, 2024**
Получено: 21.12.2023 г.

**УДК 697.3:658.264**

**А. К. КЛОЧКО, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции**

# КОРРЕКТИРОВКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ИХ ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.
Тел.: (916) 377-33-07; факс: (916) 377-33-07; эл. почта: klo4ko_aleksey@mail.ru
*Ключевые слова:* теплоснабжение, изменение тепловой мощности, регулирование тепловой мощности, экономия тепловой энергии.

*Предлагается метод корректировки эксплуатационных температурных графиков на основании данных технического обследования работы отопительных установок в реальных условиях эксплуатации Данный метод при его применении позволит установить требуемые параметры температуры воздуха в помещениях у конечного потребителя и в ряде случаев добиться экономии энергетических ресурсов.*

В «традиционном» подходе к эксплуатации отопительных систем поставщики тепловой энергии конечным потребителям при планировании температурных графиков для теплоснабжения абонентов руководствуются лишь теоретическими выкладками и рекомендациями, основанными на отопительных нагрузках, определенных проектными организациями. Данный подход не позволяет учитывать изменение тепловых нагрузок в результате отклонения от проектных решений введенных в эксплуатацию зданий. Кроме того, тепловые нагрузки могут изменяться со временем из-за разрушения ограждающих конструкций, износа инженерных систем, замены их отдельных элементов при проведения капитальных ремонтов или несанкционированного вмешательства в конструкцию или работу систем отопления самими потребителями.

Изучение опыта эксплуатации системы отопления многоквартирных домов, объектов социального, культурного и промышленного назначения показало, что в лучшем случае в пунктах (ИТП или ЦТП) осуществление регулирования тепловой нагрузки отопления потребителей в шкафу управления работой оборудования или на эксплуатационном стенде размещен температурный график в табличной форме или в виде графической зависимости, информирующий о температурах теплоносителя в подающем $T_1$ и обратном $T_2$ теплопроводах на выходе из пункта в зависимости от температуры наружного воздуха [1-5], так называемый метод регулирования «по возмущению» [6-8]. Значение параметров в этих таблицах приняты или из справочной литературы по теплоснабжению или рассчитаны самостоятельно по общеизвестным формулам.

Для определения текущей температуры теплоносителя $\tau_1$, °С, из теплового пункта применяют формулу [8]:

$$\tau_1 = t'_{\text{в}} + \Delta t'_{\text{о}} \cdot \overline{Q}_{\text{о}}^{0,8} + \frac{\theta'}{2} \cdot \overline{Q}_{\text{о}}, \quad (1)$$

где: $t'_{\text{в}}$ – расчетная температура воздуха внутри помещения, °С;

$\Delta t'_{\text{о}} = \frac{\tau'_1 + \tau'_{\text{о}2}}{2} - t'_{\text{в}}$ – температурный напор отопительных приборов при расчетных параметрах наружного воздуха, °С;

$\tau'_1$ – температура теплоносителя в подающем трубопроводе при расчетных параметрах наружного воздуха (максимальное значение), °С;

$\tau'_{\text{о}2}$ – температура теплоносителя на выходе из отопительной установки при расчетной температуре наружного воздуха (максимальное расчетное значение), °С;

$\overline{Q}_{\text{о}} = \frac{Q_{\text{о}}}{Q'_{\text{о}}}$ – относительный расход тепла на отопление, представляющий отношение текущей тепловой нагрузки отопительной установки $Q_{\text{о}}$, Вт, к ее значению при расчетных параметрах $Q'$, Вт, безразмерная величина;

$\theta' = \tau'_1 - \tau'_{\text{о}2}$ – расчетная разность температур в подающей и обратной трубах местной системы отопления при расчетных условиях, °С.

При расчете температурных графиков значение расчетной тепловой нагрузки принимается при расчетной температуре наружного воздуха. При расчете корректировок температурного графика возможно в качестве расчетного значения (основной базовый режим) принимать тепловую нагрузку отопительной установки при фактической температуре наружного воздуха, при которой производится обследование работы отопительной установки с фиксацией параметров ее функционирования (расход теплоносителя в системе, температуры и давления теплоносителя на входе и выходе из установки, температура воздуха в отапливаемых помещениях).

Температуру теплоносителя на выходе из отопительной установки рассчитывают по формуле [8]:

$$\tau'_{\text{о}2} = t'_{\text{в}} + \Delta t'_{\text{о}} \cdot \overline{Q}_{\text{о}}^{0,8} - \frac{\theta'}{2} \cdot \overline{Q}_{\text{о}}. \quad (2)$$

Значение температуры $\tau'_1$ при расчетной температуре наружного воздуха нормируется [3], принимается на стадии проектирования отопительной установки и обычно устанавливается шагом в 5 °С для максимальной величины. Температура $\tau'_1$ принимается проектной организацией, как правило, на уровне 70 °С

При анализе формул (1) и (2) видно, что отклонения в работе отопительных установок от расчетных режимов функционирования, характеризуемые в первую очередь фактической температурой воздуха в отапливаемых помещениях и вызванные изменением теплопередающих свойств конструкции здания и гидравлических характеристик самих водяных систем отопления, никаким образом напрямую не могут быть учтены при расчете температурных графиков. Для этого необходимо обратиться к исходным функциональным зависимостям, на основе которых и были получены приведенные выше уравнения (1) и (2). Одной

из таких функциональных зависимостей является уравнение характеристики отопительной установки. Его применение для корректировки эксплуатационных графиков регулирования тепловой нагрузки (температурных графиков) продемонстрируем на числовых примерах.

Принципиальная схема присоединения абонента к тепловой сети представлена на рис. 1.

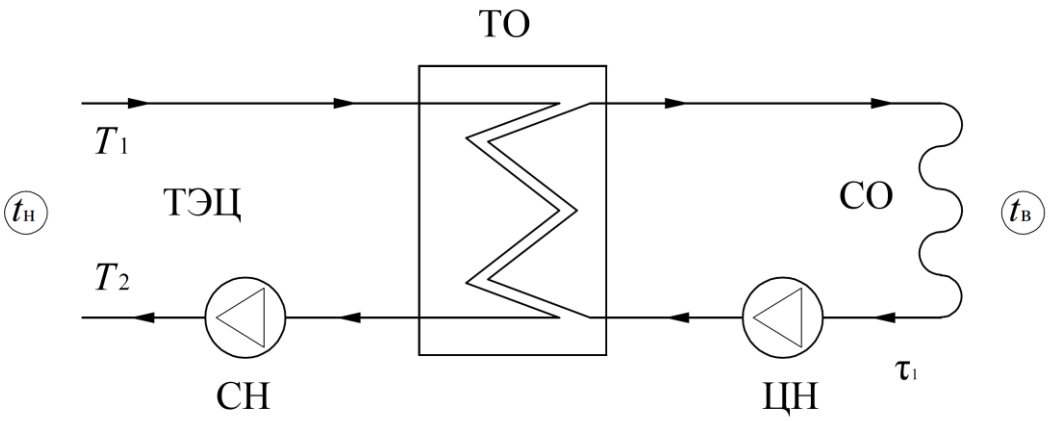



Рис. 1. Схема независимого присоединения абонента к тепловой сети. Условные обозначения: ТЭЦ – теплоэлектроцентраль; СН – сетевой насос; ТО – теплообменный аппарат; ЦН – циркуляционный насос; СО – система отопления

Рассмотрим несколько характерных расчетных случаев.

*Пример 1*. Первоначальная проектная тепловая нагрузка отопления группы зданий, подключенных к ЦТП по независимой схеме присоединения составляет 4,797 Гкал/ч (5,579 МВт). Принятый эксплуатационный температурный график качественного регулирования тепловой нагрузки отопления 105–70 °С. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_{н.о.}$ = – 43 °С. Вследствие реализации в процессе капитального ремонта зданий мероприятий по утеплению их наружных ограждающих конструкций ожидается снижение теплопотерь на 20 %. Необходимо определить температуру воздуха в помещениях зданий $t_в$ и температуру теплоносителя на выходе из систем отопления при сохранении гидравлических настроек системы и прежнего режима регулирования.

В качестве расчетной температуры воздуха внутри помещений принимаем $t'_в = 20$ °С.

*Решение примера № 1.*

1. Проектный эксплуатационный расход теплоносителя в квартальной тепловой сети (фактические условия) составляет:

$$G_{кв}^{пр} = \frac{Q'_{пр}}{(\tau'_1 - \tau'_{о2}) \cdot c} = \frac{4{,}797 \cdot 10^6}{(105 - 70) \cdot 1} = 137057 \text{ кг/ч.}$$

2. Необходимый расход теплоносителя в тепловой сети (необходимые условия) после утепления зданий:

$$G_{кв}^{н} = \frac{Q'_о}{(\tau'_1 - \tau'_{о2}) \cdot c} = \frac{(1 - 0{,}2) \cdot Q'_{пр}}{(\tau'_1 - \tau'_{о2}) \cdot c} = 0{,}8 \cdot 137057 = 109645 \text{ кг/ч.}$$

3. Относительный расход теплоносителя (водяной эквивалент), характеризующий превышение эксплуатационного расхода над необходимым, составляет:

$$\overline{W}_{\text{о}} = \frac{W_{\text{о}}}{W'_{\text{о}}} = \frac{G^{\text{пр}}_{\text{кв}}}{G^{\text{н}}_{\text{кв}}} = \frac{137057}{109645} = 1{,}25 \ (125\ \%).$$

4. Средняя разность температур в отопительном приборе между греющей водой и воздухом в отапливаемом помещении при расчетном режиме, т. е. при $t_{\text{н.о.}}$:

$$\Delta t'_{\text{о}} = \frac{\tau'_1 + \tau'_{\text{о}2}}{2} - t'_{\text{в}} = \frac{105+70}{2} - 20 = 67{,}5\ ^{\circ}\text{C}.$$

5. Режимный коэффициент отопительной установки $w'$ при необходимых условиях [7]:

$$w' = \frac{k' \cdot F}{W'_{\text{о}}} = \frac{\dfrac{Q'_{\text{о}}}{\Delta t'_{\text{о}}}}{\dfrac{Q'_{\text{о}}}{\tau'_1 - \tau'_{\text{о}2}}} = \frac{\tau'_1 - \tau'_{\text{о}2}}{\Delta t'_{\text{о}}} = \frac{105-70}{67{,}5} = 0{,}519 \cdot$$

6. Режимный коэффициент отопительной установки $w$ при фактических условиях:

$$w = \frac{k \cdot F}{W_{\text{о}}} = \frac{k \cdot F}{1{,}25 \cdot W'_{\text{о}}} = \frac{\tau'_1 - \tau'_{\text{о}2}}{1{,}25 \cdot \Delta t'_{\text{о}}} = \frac{105-70}{1{,}25 \cdot 67{,}5} = 0{,}415 \cdot$$

7. Удельная тепловая нагрузка (коэффициент эффективности) отопительной установки:

– при необходимых условиях [6]:

$$\varepsilon'_{\text{о}} = \frac{1}{0{,}5 + \dfrac{1}{w'}} = \frac{1}{0{,}5 + \dfrac{1}{0{,}519}} = 0{,}412 \cdot$$

– при фактических условиях [6]:

$$\varepsilon_{\text{о}} = \frac{1}{0{,}5 + \dfrac{1}{w}} = \frac{1}{0{,}5 + \dfrac{1}{0{,}415}} = 0{,}344 \cdot$$

8. Относительный расход тепла при повышенном расходе теплоносителя из уравнения характеристики отопительной установки:

$$\overline{Q}_{\text{о}} = \frac{Q_{\text{о}}}{Q'_{\text{о}}} = \frac{\varepsilon_{\text{о}} \cdot W_{\text{о}} \cdot (\tau'_1 - t_{\text{в}})}{\varepsilon'_{\text{о}} \cdot W'_{\text{о}} \cdot (\tau'_1 - t'_{\text{в}})} = \frac{0{,}344 \cdot 1{,}25 \cdot (105 - t_{\text{в}})}{0{,}412 \cdot (105 - 20)} = 0{,}01228 \cdot (105 - t_{\text{в}}), \quad (3)$$

с другой стороны:

$$\overline{Q}_{\text{о}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н.о.}}}{t'_{\text{в}} - t_{\text{н.о.}}} = \frac{t_{\text{в}} - (-43)}{20 - (-43)} = \frac{t_{\text{в}} + 43}{63}. \quad (4)$$

Приравнивая (3) и (4), определяем величину фактической температуры воздуха в помещениях $t_{\text{в}}$:

$$0{,}01228\cdot(105-t_{\text{в}})=\frac{t_{\text{в}}+43}{63},\quad t_{\text{в}}=\frac{63\cdot 0{,}01228\cdot 105-43}{63\cdot 0{,}01228+1}=21{,}6\ ^{\circ}\text{C}.$$

Тогда из (4) относительный расход тепла равен:

$$\overline{Q}_{\text{о}}=\frac{t_{\text{в}}+43}{63}=\frac{21{,}6+43}{63}=1{,}025\cdot$$

9. Температура теплоносителя на выходе из отопительной установки:

$$\tau_{\text{о}2}=\tau_1'-\frac{\overline{Q}_{\text{о}}}{\overline{W}_{\text{о}}}(\tau_1'-\tau_{\text{о}2}')=105-\frac{1{,}025}{1{,}25}\cdot(105-70)=76{,}3\ ^{\circ}\text{C}.$$

По результатам проведенных расчетов по примеру № 1, автором сделаны следующие выводы.

1. Сохранение прежнего гидравлического и теплового режима регулирования работы отопительной установки без учета изменившихся ее характеристик (уменьшение тепловой нагрузки зданий вследствие их утепления) способствует «перетопу» помещений (21,6 °С > 20 °С) и связанному с ним увеличенному теплопотреблению системами отопления (в данном случае на 2,5 %).

2. Имеет место увеличение температуры теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления (76,3 °С > 70 °С) с сопутствующим ему увеличением теплопотерь трубопроводами.

3. Повышенная температура обратного теплоносителя от системы отопления на входе в отопительный теплообменник при сохранении на прежнем уровне температуры греющего теплоносителя из магистральной теплосети способствует уменьшению рабочего температурного напора в теплообменнике, что неизбежно вызовет необходимость включения в работу дополнительной поверхности нагрева и увеличение расхода теплоносителя из магистральной теплосети.

Результаты расчетов примера № 1 примем за исходные данные для изучения влияния корректировки температурного графика на эффективность работы системы отопления.

*Пример № 2.* Определить корректировки температурного графика качественного регулирования тепловой нагрузки для примера 1 (гидравлический режим работы квартальной системы теплоснабжения сохраняется) с целью приведения в норму температуры в отапливаемых помещениях.

1. Расходы тепла на отопление по уравнению характеристики отопительной установки при $\tau_1$ и $\tau_1'$ для $t_{\text{н.о.}}$ [7]:

$$Q_{\text{о}}=\varepsilon_{\text{о}}\cdot W_{\text{о}}\cdot(\tau_1-t_{\text{в}}');\quad Q_{\text{о}}'=\varepsilon_{\text{о}}'\cdot W_{\text{о}}'\cdot(\tau_1'-t_{\text{в}}).$$

Пренебрегая изменением коэффициента теплопередачи нагревательных приборов в узком диапазоне изменения разности температур и при сохранении величины водяного эквивалента отопительной установки, имеем: $\varepsilon_{\text{о}}=\varepsilon_{\text{о}}'$, $W_{\text{о}}=W_{\text{о}}'$.

2. В этом случае относительный расход тепла определится как:

$$\overline{Q}_{\text{о}}=\frac{Q_{\text{о}}}{Q_{\text{о}}'}=\frac{(\tau_1-t_{\text{в}}')}{(\tau_1'-t_{\text{в}})},\qquad(5)$$

где $\tau_1$ – искомая величина (температура теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети после коррекции).

Принимаем: $t_в = 21{,}6$ °С; $t'_в = 20$ °С; $\tau'_1 = 105$ °С.

3. С другой стороны, относительный расход тепла на отопление равен:

$$\overline{Q}_о == \frac{t'_в - t_{н.о.}}{t_в - t_{н.о.}} = \frac{20-(-43)}{21{,}6-(-43)} = 0{,}975 \cdot \qquad (6)$$

4. Из выражений (5) и (6) определяем величину откорректированной температуры теплоносителя в подающем трубопроводе квартальной теплосети при расчетных условиях для проектирования отопления:

$$\tau_1 = t'_в + \overline{Q}_о \cdot (\tau'_1 - t_в) = 20 + 0{,}975 \cdot (105 - 21{,}6) = 101{,}3 \text{ °С}.$$

5. Температура теплоносителя на выходе из отопительной установки:

$$\tau_{о2} = \tau_1 - \overline{Q}_о \cdot (\tau'_1 - \tau'_{о2}) = 101{,}3 - 0{,}975 \cdot (105 - 70) = 67{,}2 \text{ °С}.$$

Полученные значения температур $\tau_1$ и $\tau_{о2}$ принимаем в качестве исходных данных для расчета откорректированного температурного графика по формулам (1) и (2) в диапазоне наружных температур от –43°С до +8°С:

– график 105–70 °С

$$\begin{cases} \tau_1 = t'_в + \Delta t'_о \cdot \overline{Q}_о^{0,8} + \dfrac{\theta'}{2} \cdot \overline{Q}_о = 20 + 67{,}5 \cdot \overline{Q}_о^{0,8} + 17{,}5 \cdot \overline{Q}_о; \\ \tau_{о2} = t'_в + \Delta t'_о \cdot \overline{Q}_о^{0,8} - \dfrac{\theta'}{2} \cdot \overline{Q}_о = 20 + 67{,}5 \cdot \overline{Q}_о^{0,8} - 17{,}5 \cdot \overline{Q}_о; \\ \overline{Q}_о = \dfrac{t'_в - t_н}{t'_в - t_{н.о.}} = \dfrac{20 - t_н}{20-(-43)} = \dfrac{20 - t_н}{63}; \end{cases}$$

– график 101,3–67,2 °С

$$\begin{cases} \tau_1 = t'_в + \Delta t'_о \cdot \overline{Q}_о^{0,8} + \dfrac{\theta'}{2} \cdot \overline{Q}_о = 20 + 64{,}25 \cdot \overline{Q}_о^{0,8} + 17{,}05 \cdot \overline{Q}_о; \\ \tau_{о2} = t'_в + \Delta t'_о \cdot \overline{Q}_о^{0,8} - \dfrac{\theta'}{2} \cdot \overline{Q}_о = 20 + 64{,}25 \cdot \overline{Q}_о^{0,8} - 17{,}05 \cdot \overline{Q}_о; \\ \overline{Q}_о = \dfrac{t'_в - t_н}{t'_в - t_{н.о.}} = \dfrac{20 - t_н}{20-(-43)} = \dfrac{20 - t_н}{63}. \end{cases}$$

Для наглядности произошедших изменений в результате коррекции на одном координатном поле приведем прежний температурный график 105–70 °С на рис. 2.

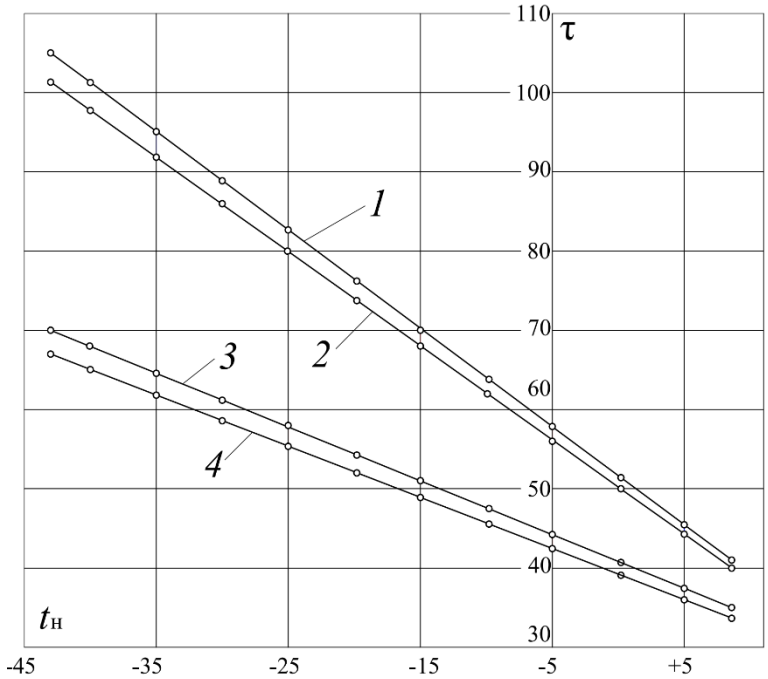



Рис. 2. Температурный график регулирования нагрузки на систему отопления: *1* – подающий трубопровод до утепления зданий; *2* – подающий трубопровод после корректировки; *3* – обратный трубопровод до утепления зданий; *4* – обратный трубопровод после корректировки

В качестве вывода по проведенным исследованиям автор отмечает, что предложенный метод коррекции температурного графика позволяет оперативно повысить качество и эффективность работы системы отопления, не требует внесения в систему отопления конструктивных изменений, удобен в применении, способен работать с данными, полученными в процессе нетрудоемкого обследования работы систем отопления зданий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 124.13330.2012. Тепловые сети : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. N 280 : актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 : дата введения 25 января 2013 г. : [редакция от от 31.05.2022]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

2. СП 510.1325800.2022. Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 25 января 2022 г. N 42/пр : дата введения 26 февраля 2022 г. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

3. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003 : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. N 921/пр : дата введения 01 июля 2021 г. : [редакция от 09.08.2023]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

4. СП 131.13330.2020. Строительная климатология СНиП 23-01-99* : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24

декабря 2020 г. N 859/пр : дата введения 25 июня 2021 г. : [редакция от 30.06.2023]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

5. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях : межгосударственный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. N 191-ст : введен впервые : дата введения 2013-01-01 : [ред. от 20.12.2022]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

6. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – 9-е изд., стереот. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2009. – 472 с. – ISBN 978-5-383-00337-4. – Текст : непосредственный.

7. Сафонов, А. П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям / А. П. Сафонов. – Изд. 2-е, переработ. – Москва : Энергия, 1968. – 240 с. – Текст : непосредственный.

8. Строй, А. Ф. Расчет и проектирование тепловых сетей / А. Ф. Строй, В. Л. Скальский. – Киев : Будівельник, 1981. – 144 с. – Текст : непосредственный.

**KLOCHKO Aleksey Konstantinovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation**

## ADJUSTMENT OF TEMPERATURE SCHEDULES OF HEATING SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THEIR ACTUAL CONDITION

Moscow State University of Civil Engineering
26, Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia. Tel.: +7 (916) 377-33-07;
fax: +7 (916) 377-33-07; e-mail: klo4ko_aleksey@mail.ru
*Key words:* heat supply, change of thermal power, regulation of thermal power, saving of thermal energy.

*The article proposes a method for correcting operational temperature schedules based on the data of a technical survey of the operation of heating installations in real operating conditions. This method, when applied, will allow setting the required indoor air temperature parameters for a single consumer and in some cases achieve energy savings.*

REFERENCES

1. SP 124.13330.2012. Teplovye seti [Heating networks] : svod pravil : utv. i vved. v deystvie Prikazom Min-va regionalnogo razvitiya RF (Minregion Rossii) ot 30 iyunya 2012 N 280 : aktualizir. red. SNiP 41-02-2003 : data vved. 25 yanvarya 2013 g. : [red. ot 31.05.2022]. – URL: http://www.consultant.ru.

2. SP 510.1325800.2022. Teplovye punkty i sistemy vnutrennego teplosnabzheniya [Heating points and internal heat supply systems] : svod pravil : utv. i vved. v deystvie Prikazom Min-va str-va i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 25 yavarya 2022 g. N 42/pr : data vved. 26 fevralya 2022 g. – URL: http://www.consultant.ru.

3. SP 60.13330.2020. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha SNiP 41-01-2003 [Heating, ventilation and air conditioning SNiP 41-01-2003] : svod pravil : utv. i vved. v deystvie Prikazom Min-va str-va i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 30 dekabrya 2020 g. N 921/пр : data vved. 01 iyulya 2021 g. : [red. ot 09.08.2023]. – URL: http://www.consultant.ru.

4. SP 131.13330.2020. Stroitelnaya klimatologiya SNiP 23-01-99* [Construction Climatology SNiP 23-01-99*] : svod pravil : utv. i vved. v deystvie Prikazom Min-va str-va i

zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 24 dekabrya 2020 g. N 859/pr : data vved. 25 iyunya 2021 g. : [red. ot 30.06.2023]. – URL: http://www.consultant.ru.

5. GOST 30494-2011 Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh [Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters] : mezhgos. standart RF : utv. i vved. v deystvie Prikazom Fed. agentstva po tekhnich. regulirov. i metrologii ot 12 iyulya 2012 g. N 191-st : vved. vpervye : data vved. 2013-01-01 : [red. ot 20.12.2022]. – URL: http://www.consultant.ru.

6. Sokolov E. Ya. Teplofikatsiya i teplovye seti [Heating and heating networks] : uchebnik dlya VUZov. – 9-e izd., stereot. Moscow : Izdatelskiy dom MEI, 2009. 472 p. – ISBN 978-5-383-00337-4.

7. Safonov A. P. Sbornik zadach po teplofikatsii i teplovym setyam [Collection of tasks on heating and heating networks]. – Izd. 2-e, pererabot. Moscow : Energiya, 1968. 240 p.

8. Stroy A. F., Skalskiy V. L. Raschyot i proektirovanie teplovykh setey [Calculation and design of thermal networks]. Kiev.: Budivelnik, 1981. 144 p.

**© А. К. Клочко, 2024**

Получено: 28.12.2023 г.

**УДК 628.8.02**

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

# АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ПЕРЕХОДНЫЙ И ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОДЫ ГОДА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26. эл. почта: rymarov@yandex.ru
*Ключевые слова:* теплофизика, микроклимат, климат, переходный и холодный периоды года.

*Представлен анализ температуры наружного воздуха в переходный и начало холодного периодов года, их влияние на самочувствие людей в жилых и общественных зданиях с 2018 по 2022 годы.*

Чтобы параметры микроклимата в помещениях соответствовали нормам, необходимо, чтобы здание сопротивлялось воздействию переменчивых температур наружного воздуха, что закладывается при проектировании тепловой защиты здания [1] и при капитальных ремонтах [2, 3].

Как известно, осенние месяцы года могут быть как теплыми, так и холодными, погода становится все более нестабильной, и температура наружного воздуха с разной интенсивностью приближается к 8 $^{o}$C. Рассмотрены осенний и начало холодного периодов года в г. Москве в 2018–2022 годы. Осенний период 2018 года (рис. 1) характеризуется 20 днями теплого сентября, после чего 23 сентября температура наружного воздуха резко снизилась с 21 до 11,5 $^{o}$C, и затем температурный режим оставался в диапазоне в среднем около 10 $^{o}$C в течение 30 дней, что достаточно долго, так как большинство зданий имеют инерционность наружных ограждений 5 дней, то в помещениях температуры воздуха тоже стали понижаться. Затем произошло резкое потепление, а уже с 23 октября температура наружного воздуха устойчиво ушла в диапазон ниже 8 $^{o}$C, т. е. начался отопительный период совместно с холодным периодом года.

В 2019 году (рис. 2) теплые дни сентября стали заканчиваться 13 сентября, когда температура наружного воздуха понизилась с 19,5 до 13,5 $^{o}$C, а затем и до 5 $^{o}$C, после чего в период до 6 ноября было 3 пика максимума температуры с понижением величин: 1) 3 октября 18, 5 $^{o}$C, 2) 17 октября 17 $^{o}$C и 3) 5 ноября 11,5 $^{o}$C. В этот же период было и 3 пика минимума температуры с понижением значений: 1) 22 и 24 сентября 5 $^{o}$C, 2) 6 октября 1,5 $^{o}$C и 3) 31 октября –2,5 $^{o}$C. Устойчивое снижение температуры наружного воздуха ниже 8 $^{o}$C произошло после 6 ноября.

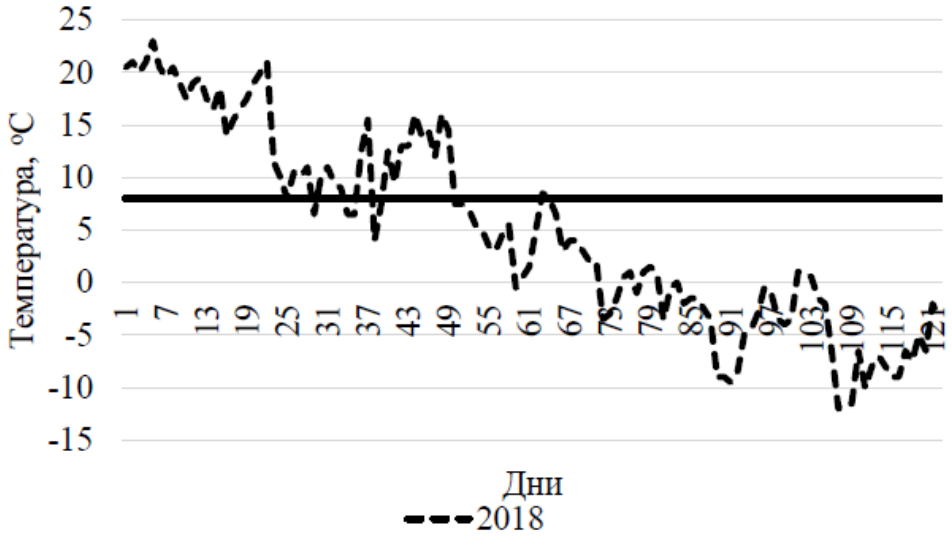



Рис. 1. Изменение среднесуточной температуры наружного воздуха с 1 сентября по 31 декабря в 2018 году

Осень 2020 года (рис. 3) оказалась достаточно теплой и, несмотря на колебания температуры, она достаточно длительный период находилась значительно выше 8 °С. Теплая погода держалась до 15 октября, а затем произошло резкое понижение температуры с 14 °С до 4 °С, после чего 23 октября температура наружного воздуха резко поднялась с 3 °С до 12 °С, а затем с 30 октября постепенно перешла в устойчивый режим ниже 8 °С. В 2021 году сентябрь (рис. 4) начался с похолодания до 8 °С к 5 сентября, а затем к 13 сентября произошел рост температуры до 19,5 °С. С 16 сентября произошло снижение температуры до 8,5 °С, и достаточно длительный период до 6 ноября температура находилась в диапазоне близком к 8 °С после чего температура наружного воздуха перешла в диапазон ниже 8 °С.

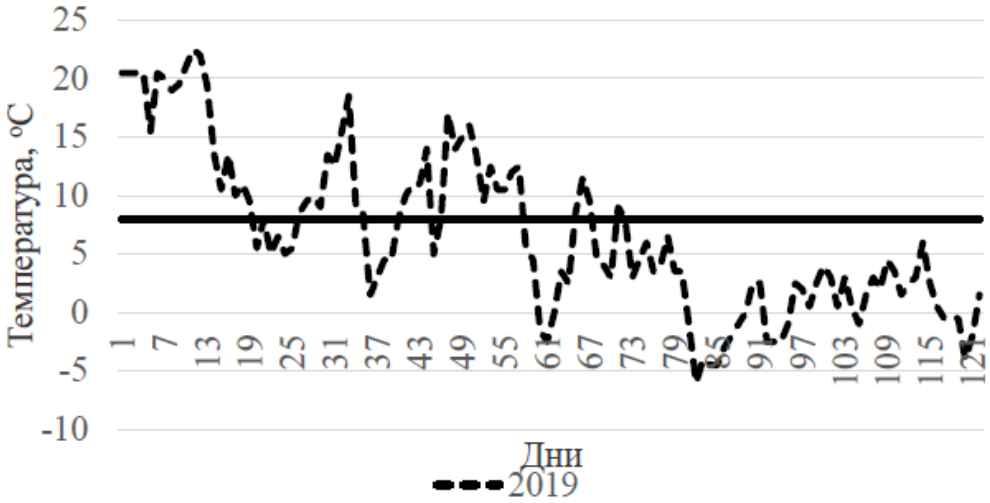



Рис. 2. Изменение среднесуточной температуры наружного воздуха с 1 сентября по 31 декабря в 2019 году

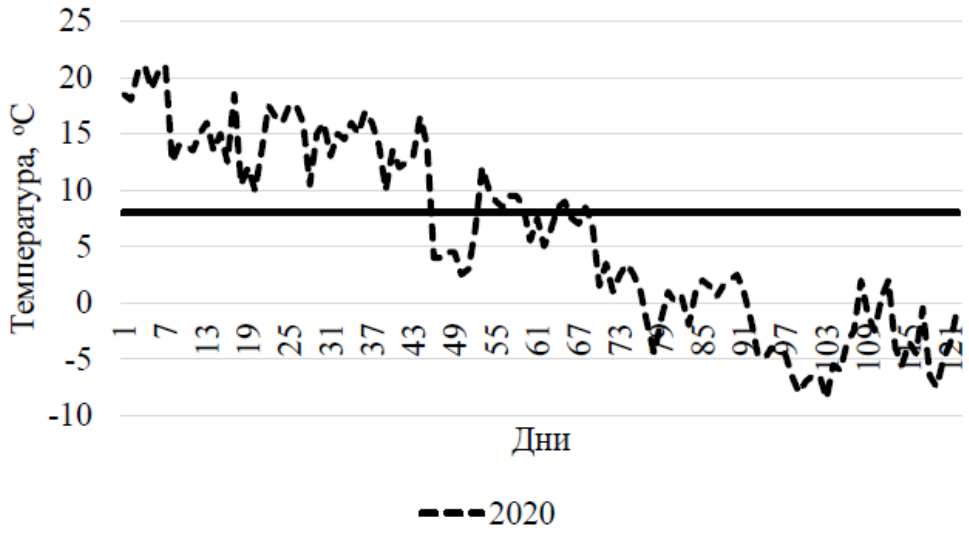



Рис. 3. Изменение среднесуточной температуры наружного воздуха с 1 сентября по 31 декабря в 2020 году

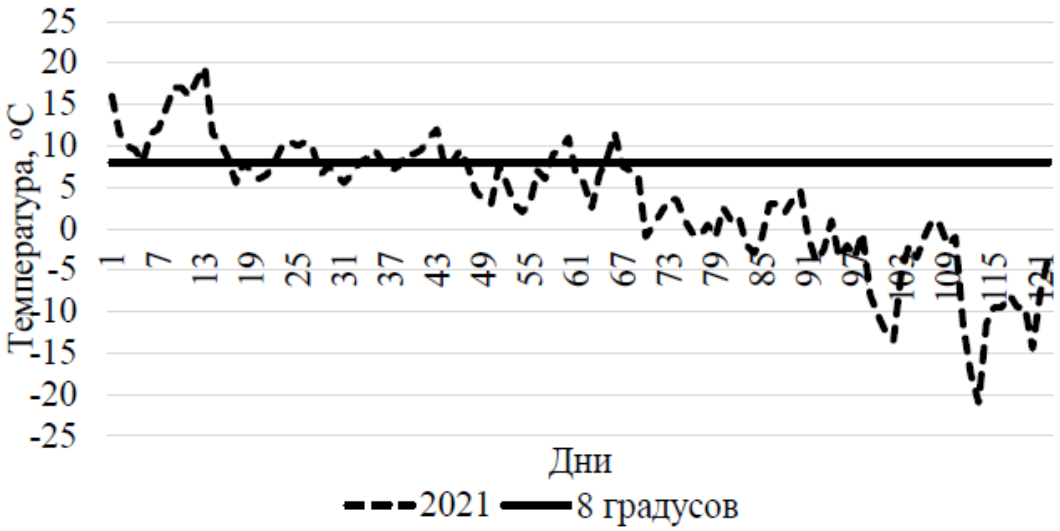



Рис. 4. Изменение среднесуточной температуры наружного воздуха с 1 сентября по 31 декабря в 2021 году

В осенний период 2022 года (рис. 5) сентябрь оказался достаточно теплым и понижение температуры на уровень ниже и около 8 °С началось 10 октября, после чего образовались три холодных пика с нарастанием интенсивности похолодания: 1) 13 октября 5,5 °С, 2) 25 октября 1,5 °С и 3) 3 ноября –1,5 °С, и окончательный переход в зимний период произошел 12 ноября, когда температура снизилась с 11 °С до –5,5 °С к 18 ноября.

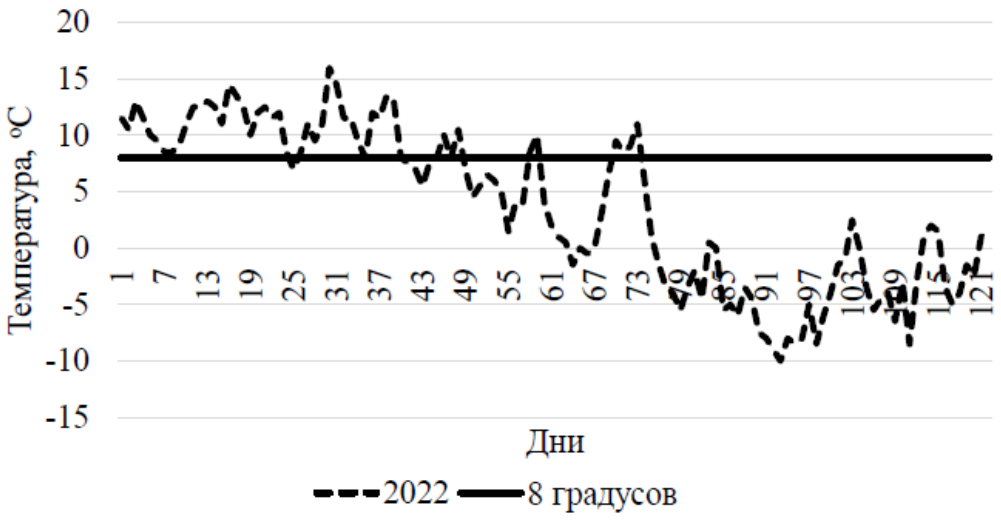



Рис. 5. Изменение среднесуточной температуры наружного воздуха с 1 сентября по 31 декабря в 2022 году

Тренды изменения температурного режима наружного воздуха за рассматриваемые 2018–2022 годы в период с сентября по декабрь (рис. 6) носят близкий по наклону характер с некоторым смещением по оси времени, что показывает более или менее раннее время наступления холодного периода года при сравнении с температурой 8 °С. Пересечение линий трендов с линией температуры 8 °С происходит в октябре для всех рассматриваемых годов, для 2021 и 2022 годов немного раньше, а для 2019 и 2020 годов позже, что говорит о более или менее теплой осени. Смещение линии трендов в сторону ноября говорит о потеплении климата, так как из 5 лет 3 года сместились ближе к ноябрю, что может быть временным явлением, а может иметь долгосрочную тенденцию.

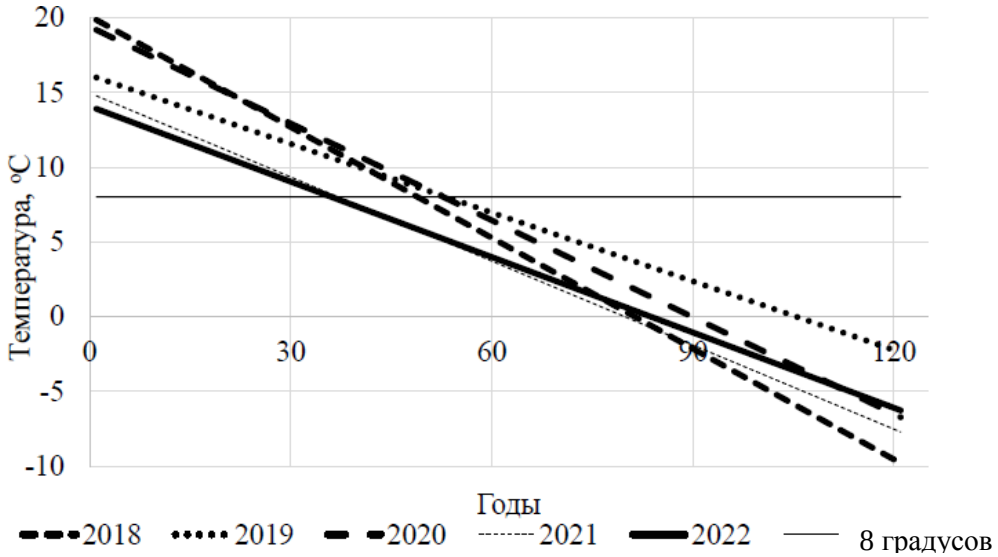



Рис. 6. Тренды изменения среднесуточной температуры наружного воздуха с 1 сентября по 31 декабря в 2018–2022 годах

В рассматриваемые годы устойчивое снижение температуры наружного воздуха в диапазон ниже 8 $^{o}$C происходил с 23 октября по 12 ноября. В 2021 году достаточно рано для осени с 16 сентября и довольно долго в течение 52 дней температура наружного воздуха находилась в диапазоне около 8 $^{o}$C, что привело к необходимости раньше начинать отопительный период.

**Выводы по проведенным исследованиям.** Площадь жилых помещений в зданиях за последние 50 лет стала больше и соответственно бытовых тепловыделений стало недостаточно, чтобы поддерживать требуемую температуру внутреннего воздуха при температуре наружного воздуха 8 $^{o}$C, что приводит к необходимости раньше начинать отопительный период.

Несмотря на то, что большинство зданий в РФ построены с наружными ограждениями с инерционностью 5 суток, остывание или нагрев здания включает в себя весь массив ограждающих конструкций как внутренних, так и наружных, а также элементов интерьеров помещений, температурный режим которых влияет на температуру воздуха и результирующую температуру во всех помещениях и поэтому данный процесс может длиться 10 и более суток [4, 5]. Поэтому после включения системы отопления сразу не станет комфортно в помещениях, а только по прошествии периода около 10 дней.

В одноквартирных домах люди сами могут выбирать начало отопительного сезона в зависимости от того, теплая осень или нет [6]. В многоквартирных домах при централизованном отоплении и теплоснабжении выбирать начало отопительного периода не получится, хотя многие люди готовы оплачивать дополнительные расходы на отопление или уже оплачивают, применяя электрообогрев помещений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – Санкт-Петербург : АВОК, 2003. – 400 с.

2. Повышение тепловой защиты серийных многоквартирных жилых домов из трехслойных панелей при проведении капитального ремонта / М. В. Бодров, В. И. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 4. – С. 40–47.

3. Бодров, М.В. К вопросу повышения энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата жилых домов при проведении капитального ремонта / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 2. – С. 36–41.

4. Рымаров, А. Г. Особенности расчета теплового режима здания с массивными ограждающими конструкциями в холодный период года / А. Г. Рымаров, К. И. Лушин // Наука. Строительство. Образование : научно-практический интернет-журнал. – 2012. – № 2. – С. 5.

5. Рымаров, А. Г. Влияние массивности окружающего грунта на тепловой режим подземного коллектора для инженерных коммуникаций / А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков // Естественные и технические науки. – 2015. – № 6 (84). – С. 563–564.

6. Рымаров, А. Г. Индивидуализация работы системы отопления в жилых зданиях / А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. № 2. – С. 92–97.

**RYMAROV Andrey Georgievich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of heat and gas supply and ventilation; TITKOV Dmitry Gennadevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation**

## ANALYSIS OF THE OUTDOOR TEMPERATURE REGIME AIR IN THE TRANSITIONAL AND COLD PERIODS OF THE YEAR

Moscow State University of Civil Engineering,
26, Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia. Tel. +7 (499) 183-26-92, e-mail: rymarov@list.ru
*Key words:* thermophysics, microclimate, climate, transitional and cold periods of the year.

*The article presents an analysis of outdoor air temperature in the transitional and early cold periods of the year, and their impact on the well-being of people in residential and public buildings from 2018 to 2022.*

REFERENCES

1. Bogoslovskiy V. N. Stroitelnaya teplofizika [Construction thermophysics]. Saint Petersburg, AVOK, 2003. 400 p.
2. Bodrov M. V., Bodrov V. I., Kuzin V. Yu., Morozov M. S. Povyshenie teplovoy zashchity seriynykh mnogokvartirnykh zhilykh domov iz tryokhsloynykh paneley pri provedenii kapitalnogo remonta [Improving thermal protection of serial apartment houses of three-layer panels at capital repair]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018, № 4. – P. 40-47.
3. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Morozov M. S. K voprosu povysheniya energeticheskoy effektivnosti sistem obespecheniya mikroklimata zhilykh domov pri provedenii kapitalnogo remonta [To the issue of energy effectiveness enhancement of microclimate support systems of residential houses while conducting capital repair]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018, № 2. – P. 36-41.
4. Rymarov A. G., Lushin K. I. Osobennosti raschyota teplovogo rezhima zdaniya s massivnymi ograzhdayushchimi konstruktsiyami v kholodny period goda [Features of calculation of thermal conditions of a building with massive enclosing structures in the cold season]. Nauka. Stroitelstvo. Obrazovanie [Science. Construction. Education]. Nauchno-prakticheskiy internet-zhurnal. 2012. № 2. – P. 5.
5. Rymarov A. G., Titkov D. G. Vliyanie massivnosti okruzhayushchego grunta na teplovoy rezhim podzemnogo kollektora dlya inzhenernykh kommunikatsiy [The influence of the massiveness of the surrounding soil on the thermal regime of an underground collector for engineering communications]. Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and technical sciences]. 2015. № 6 (84). – P. 563–564.
6. Rymarov A. G., Titkov D. G. Individualizatsiya raboty sistemy otopleniya v zhilykh zdaniyakh [Individualization of the heating system in residential buildings]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. № 2. – P. 92–97.

**© А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков, 2024**
Получено: 28.12.2023 г.

**УДК 697.1**

**М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой отопления и вентиляции, А. Е. РУИН, ассистент кафедры отопления и вентиляции; А. Ф. ЮЛАНОВА, ассистент кафедры отопления и вентиляции**

# НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ»

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-85; эл. почта: tes84@mail.ru

*Ключевые слова:* энергосбережение, производственные сельскохозяйственные здания, теплофизика, тепловая защита зданий.

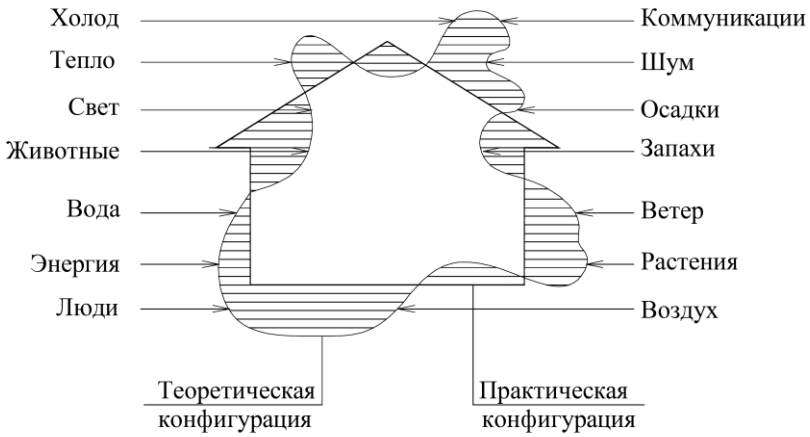
*Приведено научно-методологическое обоснование необходимости внесения изменений в нормативную литературу по нормированию тепловой защиты производственных сельскохозяйственных зданий, что позволяет взаимоувязывать функциональное назначение и объемно-планировочные решения зданий с биологической активностью животных при условии минимизации энергопотребления отопительное вентиляционными системами.*

Практически полное отсутствие в современной технической и специальной литературе новых результатов изучения вопросов создания и поддержания температурного, влажностного и воздушного режимов в производственных сельскохозяйственных зданиях привело к определенному застою в выявлении и обосновании приоритетных путей развития малоэнергоемких, экологически безопасных систем обеспечения параметров микроклимата в них [1]. Для таких сооружений остро стоит проблема нахождения компромисса между капитальными и эксплуатационными затратами на создание допустимых ветеринарно-технологических параметров среды с минимальным (даже нулевым) энергопотреблением для их создания и достойной (по мировым стандартам) эффективностью и продуктивностью производства, например, животноводства, как будет рассмотрено в данной статье. Отопительно-вентиляционные системы производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений в стране находятся в запущенном состоянии, перспектива их модернизации сомнительна. Такое положение вызвано значительными энергозатратами систем в сочетании с относительно низкой продуктивностью производства. Понесенные затраты на энергию не окупаются приростом продукции от повышения комфортности параметров внутренней среды. Например, в Российской Федерации отапливается не более 2–3 % коровников и помещений для откорма скота, построенных по типовым проектам советского периода. Запроектированные отопительно-вентиляционные системы или не выполняются в полном объеме, или функционируют только в начальный период, а после выхода из строя не восстанавливаются. В данном случае помещения содержания крупного рогатого скота эксплуатируются как неотапливаемые с неорганизованным воздухообменом [2, 3].

В мировой и отечественной практике разработаны теплофизические модели с программным обеспечением по оптимизации энергетических и аэродинамических параметров систем обеспечения микроклимата гражданских и промышленных зданий. Однако заложенные в эти модели принципы выбора расчетных параметров и обоснования физических процессов тепломассообмена не могут быть полностью перенесены на животноводческие и птицеводческие здания, хранилища картофеля и овощей, культивационные сооружения круглогодичной эксплуатации, установки для сушки травы и др. Производственные сельскохозяйственные здания необходимо рассматривать единым биоэнергетическим и архитектурно-строительным комплексом, в котором ветеринарно-гигиенические и технологические параметры микроклимата формируются за счет пассивных (наружные ограждения) и активных (системы отопления и вентиляции) систем обеспечения микроклимата [4].

Переход к индустриальному типовому строительству привел к утере многих исторически выработанных теплофизических достоинств животноводческих и иных зданий – малая вместимость помещений; ограниченная остекленность; саморегулирующаяся воздухопроницаемость и гигроскопичность деревянных наружных ограждений; поддержание тепловых и воздушных балансов помещений за счет естественных источников энергии. В современных животноводческих комплексах практически полностью отсутствует возможность регулирования параметров микроклимата естественными средствами.

Комплексное решение проблемы создания энергоэффективных, работоспособных систем обеспечения микроклимата производственных сельскохозяйственных зданий включает системное рассмотрение двух взаимосвязанных моделей: архитектурно-планировочной (рисунок) и инженерно-технологической. Архитектурно-планировочная модель основана на принципе компактности и формирования буферных зон, что позволяет определять рациональные композиционные и пространственные параметры.




Архитектурно-планировочная модель сельскохозяйственного здания

Инженерно-технологическая модель, неразрывно связанная с архитектурно-планировочной, включает системы жизнеобеспечения, оценивает параметры комфортности помещений при наличии различного инженерного оборудования.

Комплекс технических средств для обеспечения в обслуживаемой зоне сельскохозяйственных помещений, необходимых по ветеринарным или технологическим нормам параметров воздуха, включает в себя сочетание пассивных элементов систем обеспечения микроклимата − наружных ограждающих конструкций и активных элементов − систем полного или частичного кондиционирования воздуха. Мало энергоемкие, экологически безопасные производственные сельскохозяйственные здания по принципам нормирования и расчета температурных, влажностных и воздушных параметров микроклимата должны быть выделены в специальный класс зданий из-за специфических особенностей биоэнергетических процессов тепломассообмена в помещениях по сравнению с гражданскими и промышленными зданиями. Отличительные процессы включают в себя:

– через наружные ограждающие конструкции в холодный период года должны в нормируемых количествах рассеиваться избытки постоянно выделяемой явной теплоты;

– нестационарность процессов тепломассообмена в помещении, относительно низкая температура и высокая относительная влажность внутреннего воздуха объективно приводят к значительным ошибкам в расчетах теплофизических характеристик наружных ограждений по существующим нормативным документам, что методологически недопустимо;

– достаточность естественных источников энергии для поддержания требуемого воздухообмена в животноводческих зданиях.

В связи с этими факторами авторами были разработаны научно обоснованные предложения по подготовке изменений к СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» [1].

1. В связи с тем, что в переходный и холодный периоды года величина относительной влажности внутреннего воздуха в производственных сельскохозяйственных зданиях близка в 90 % (и выше), для избежания увлажнения наружных ограждающих конструкций предлагается увеличить коэффициент теплопроводности ограждающих конструкций на 10 %, т. е. ввести условия эксплуатации Б*.

Пункт 4.4 [1] изложить в редакции:

«4.4. Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства, необходимые для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений, следует устанавливать по табице. Зоны влажности территории России следует принимать по приложению В.

Таблица

**Условия эксплуатации ограждающих конструкций**

| Влажностный режим помещений зданий (по таблице 1) | Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по приложению В) | | |
|---|---|---|---|
| | сухой | нормальной | влажной |
| Сухой | А | А | Б |
| Нормальный | А | Б | Б |
| Влажный или мокрый | Б* | Б* | Б* |

* Для производственных сельскохозяйственных зданий приведенные расчетные величины коэффициента теплопроводности следует повышать на 10 % для наружных ограждающих конструкций».

2. Требуется конкретизировать область распространения п. 5.1 СП 50.13330.2012 [1].

Пункт 5.1 дополнить:

«… Требования данного пункта не распространяются на производственные сельскохозяйственные здания».

3. Основным положением предлагаемой методологии нормирования теплофизических характеристик теплового контура наружных ограждающих конструкций является то, что при наличии в производственных сельскохозяйственных зданиях постоянно действующих биологических тепловыделений от животных, птиц или хранящегося сочного растительного сырья ($Q_б$), теплофизические характеристики наружных ограждений должны обеспечивать такой удельный тепловой поток через них, при котором будет поддерживаться заданная температура внутреннего воздуха $t_в$ при расчетной температуре наружного воздуха $t_н$.

Пункт 5.8 предложен вновь.

«5.8. Нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций производственных сельскохозяйственных зданий следует принимать не менее:

$$R_о^{тр} = \frac{(t_в - t_н)n}{q_б^н}, \quad (5.7)$$

где $t_в$ – то же, что в формуле (5.2); $t_н$ – то же, что в формуле (5.4); $n$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции; $q_б^н$ – удельный тепловой поток, Вт/ м$^2$, определяемый по (5.8):

$$q_б^н = \frac{(1-m)Q_б}{F}, \quad (5.8)$$

$F = F_{ст} + F_{покр}$ – площадь наружных стен и покрытия, м$^2$; $Q_б$ – явные тепловыделения животных, птиц или хранящегося сочного растительного сырья, Вт; $m$ – коэффициент, учитывающий долю теплопотерь через полы, подземные или обвалованные части зданий: $m$ = 0,03–0,05 для надземных; $m$ = 0,08–0,10 с обваловкой наполовину высоты наружных стен; $m$ = 0,25–0,30 для полностью заглубленных или обвалованных зданий.

Сопротивление теплопередаче наружного ограждения определяется по формуле (5.9):

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_н}, \quad (5.9)$$

где $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м$^2$·°С), принимаемый:

–для стен помещений, где заполнение животными составляет более 80 кг живой массы на 1 м$^2$ площади пола – 12 Вт/(м$^2$·°С);

– для стен помещений, заполнение животными составляет 80 кг и менее живой массы на 1 м$^2$ пола, и для потолков (чердачных перекрытий или покрытий) всех животноводческих и птицеводческих зданий – 8,7 Вт/(м$^2$·°С);

– $\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м$^2$·°С); $\delta_i$ – толщина материального слоя ограждения, м;

$\lambda_i$ – коэффициент теплопроводности материального слоя ограждения, Вт/(м·°С), принимается по параметрам Б*.

Толщина утеплителя стены определяется подстановкой в (5.9) вместо $R_0$ величины $R_{\text{о}}^{\text{тр}}$, найденной по (5.7). Действительное сопротивление теплопередаче стены $R_{\text{о.ст}}^{\text{д}}$ из штучного материала принимается с учетом кратности действительных толщин утеплителя.

Сопротивление теплопередаче покрытия $R_{\text{о.покр}}$ определяется по соотношению, определенному из теплового баланса здания:

$$R_{\text{о}}^{\text{тр}} = \frac{F_{\text{ст}} + F_{\text{покр}}}{\dfrac{F_{\text{ст}}}{R_{\text{о.ст}}^{\text{д}}} + \dfrac{F_{\text{покр}}}{R_{\text{о.покр}}}}. \qquad (5.10)».$$

В качестве выводов по проведенным исследованиям отметим, что животноводческие здания и сооружения должны быть выделены в специальный класс по нормированию и расчету параметров микроклимата и наружных ограждающих конструкций. Для каждого типа зданий должны быть разработаны индивидуальные научно обоснованные инженерные методики расчета пассивных и активных систем обеспечения микроклимата, учитывающих реальные теплофизические процессы. Предложенные авторами изменения в нормировании теплофизических характеристик теплового контура зданий сельскохозяйственных зданий позволяют взаимоувязывать функциональное назначение и объемно-планировочные решения с биологической активностью животных при условии минимизации энергопотребления (в пределе до нулевого) системами обеспечения микроклимата.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий : свод правил : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30.06.2012 № 265/пр : актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 : дата введения 01 июля 2013 г. : [редакция от 15.12.2021]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

2. Бодров, М. В. Отопление и вентиляция животноводческих и птицеводческих помещений / М. В. Бодров ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2012. – 145 с. – Текст : непосредственный.

3. Бодров, М. В. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий / М. В. Бодров, В. И. Бодров, М. Н. Кучеренко ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2008. – 623 с. – Текст : непосредственный..

4. Повышение энергоэффективности пассивных систем обеспечения параметров микроклимата в производственных помещениях / М. В. Бодров, А. А. Смыков, А. Ф. Юланова, А. Е. Руин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 4. – С. 84–89.

**BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of heating and ventilation; RUIN Aleksey Evgenevich, assistant of the chair of heating and ventilation; YULANOVA Alina Fanilevna, assistant of the chair of heating and ventilation**

## SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE NEED TO AMEND SP 50.13330.2012 „SNIP 23-02-2003 THERMAL PROTECTION OF BUILDINGS„

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-85;
e-mail: tes84@mail.ru
*Key words:* energy saving, industrial agricultural buildings, thermal physics, thermal protection of buildings.

---

*The article gives scientific and methodological justification of the need to amend the normative literature on the normalization of thermal protection of industrial agricultural buildings, which allows the functional purpose and spatial planning solutions of buildings to be interconnected with the biological activity of animals, provided that energy consumption by heating and ventilation systems is minimized.*

---

REFERENCES

1. SP 50.13330.2012. Teplovaya zashchita zdaniy [Thermal protection of buildings] : svod pravil : utverzhd. Prikazom Min-va region. razvitiya RF (Minregion Rossii) ot 30.06.2012 № 265/pr : aktualizirovannaya red. SNiP 23-02-2003 : data vved. 01 iyulya 2013 g. : [red. ot 15.12.2021]. – URL: http://www.consultant.ru.

2. Bodrov M. V. Otoplenie i ventilyatsiya zhivotnovodcheskikh i ptitsevodcheskikh pomeshcheniy [Heating and ventilation of livestock and poultry facilities]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t, Nizhny Novgorod, NNGASU, 2012. – 145 p.

3. Bodrov M. V., Bodrov V. I., Kucherenko M. N. Mikroklimat proizvodstvennykh selskokhozyaystvennykh zdaniy [Microclimate of industrial agricultural buildings]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2008. – 623 p.

4. Bodrov M. V., Smykov A. A., Yulanova A. F., Ruin A. E. Povyshenie energoeffektivnosti passivnykh sistem obespecheniya parametrov mikroklimata v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh [Increasing the energy efficiency of passive systems providing microclimate parameters in industrial spaces]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. № 4. P. 84–89.

.

**© М. В. Бодров, А. Ф. Юланова, А. Е. Руин, 2024**
Получено: 15.01.2024 г.

**УДК 697.97:621.565.83**

**М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой отопления и вентиляции;**
**А. Н. ПЫЛАЕВ, аспирант кафедры отопления и вентиляции**

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ВИХРЕВЫХ ВОЗДУХООСУШИТЕЛЕЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-85; эл. почта: tes84@mail.ru
*Ключевые слова:* вихревая труба, осушка воздуха, холодопроизводительность, влагосодержание.

*Разработана математическая модель процесса осушки, включающая уравнения энергетического баланса осушителя и теплообменника, холодопроизводительности вихревой трубы, теплоты фазовых превращений. Получены расчетные уравнения для определения температуры охлаждения исходного влажного воздуха в теплообменнике.*

Сжатый воздух широко используется в различных областях промышленного производства. Для обеспечения надежной работы оборудования воздух должен быть осушен в соответствии с требованиями технологического процесса. Наличие влаги в системах воздухоснабжения предприятий увеличивает расход сжатого воздуха из-за утечек, связанных с повышенной коррозией пневмосети, что увеличивает эксплуатационные расходы компрессорных станций на 20–30 %. Использование осушенного воздуха не только позволяет снижать утечки, но и позволяет увеличивать период между ремонтами пневмооборудования примерно в 3 раза.

Адсорбционные установки, используемые для технологической осушки воздуха, позволяют проводить глубокую осушку до температуры точки росы, достигающей значений –70 °С. Однако эти осушители имеют ряд неустранимых недостатков, основными из которых являются крупные габариты и значительные энергетические затраты. Поэтому перспективным способом является осушка охлаждением. Сущность этого способа заключается в охлаждении находящихся в воздухе водяных паров до состояния насыщения и конденсации, а образующийся конденсат отделяют от воздуха и удаляют из осушителя. Осушка охлаждением менее энергоемка по сравнению с адсорбционной, однако, глубина такой осушки в большинстве случаев меньше, чем в адсорбционных аппаратах [1, 2].

Расчетная схема осушителя представлена на рис. 1. Исходящий влажный воздух с давлением $p_0$, температурой $T_0$ и влагосодержанием $d_0$ поступает в теплообменник *1*, где изобарно охлаждается до температуры $T_1$. За счет охлаждения часть водяных паров, находящихся в сжатом воздухе, конденсируется. Образующийся конденсат отводят из теплообменника через сливное устройство *2*.

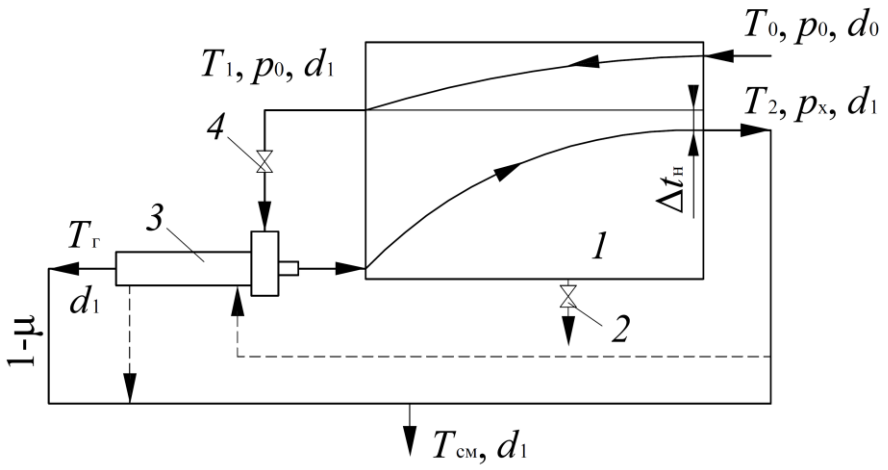



Рис. 1. Расчетная схема вихревого осушителя с понижением давления осушенного воздуха: *1* – теплообменник; *2* – сливное устройство; *3* – вихревая труба; *4* – дроссельный вентиль

Осушенный до влагосодержания $d_1$ сжатый воздух с температурой $T_1$ и давлением $p_0$ направляют в сопловой ввод вихревой трубы 3, где воздух расширяется до давления $p_x$. В вихревой трубе относительная массовая доля $\mu = G_x/G_1$ воздуха охлаждается до температуры $T_x < T_1$ и поступает затем в теплообменник, охлаждая в нем исходный сжатый воздух и нагреваясь при этом до температуры $T_2 \leq T_1$ [3].

После теплообменника охлаждающий воздух с температурой $T_2$ смешивают с выходящей из вихревой трубы остальной частью (1 – μ) воздуха, нагретой до температуры $T_г > T_1$, и направляют потребителю.

С целью повышения эффективности вихревой трубы осушенный воздух после теплообменника целесообразно использовать для охлаждения камеры разделения трубы (пунктирная линия на рис. 1).

В рассматриваемой схеме давление $p_x$ осушенного воздуха всегда меньше давления $p_0$ исходного влажного воздуха, поскольку в вихревой трубе срабатывается перепад давлений, определяемый величиной $\pi = p_0/p_x$. Во всех случаях давление $p_0$ зависит от требований потребителя осушенного воздуха, а степень расширения π должна обеспечивать необходимую холодопроизводительность вихревой трубы.

Если начальное давление достаточно велико, то при заданном давлении $p_x$ необходимую величину π можно устанавливать за счет уменьшения давления непосредственно перед вихревой трубой путем дросселирования сжатого воздуха вентилем *4* (рис. 1). При этом давление в полости теплообменника сохраняется максимально возможным, т. е. равным $p_0$, что несомненно улучшает осушку воздуха.

Рассматриваемые условия имеются в озонаторах приготовления питьевой воды, где давление $p_0$ достигает величины 2,5–3,0 МПа при $p_x = 0{,}2$ Мпа и незначительных расходах осушенного воздуха. В таких устройствах целесообразно путем дросселирования снизить давление перед вихревой трубой до 1,2–1,4 МПа, что позволит увеличить размеры и кпд вихревой трубы, используя одновременно оптимальную величину степени расширения π = 6–7. Величина $d_1$ влагосодержания осушенного воздуха определяется температурой $T_1$, которая зависит при заданной холодопроизводительности вихревой трубы от

параметров $p_0$, $T_0$ и $d_0$ исходного влажного воздуха. Относительную температуру $\tau = T_1/T_0$ охлажденного сжатого воздуха определим по методике исследования вихревых термостатов.

Запишем уравнение теплового баланса осушителя, отнесенное к 1 кг поступающего в него исходного влажного воздуха:

$$q_{\text{х}} = q_{\text{т}} + q_{\text{ф}} + q_{\text{н}}, \tag{1}$$

где: $q_x$ – располагаемая холодопроизводительность вихревой трубы, равная

$$q_{\text{х}} = \mu \cdot c_p \cdot (T_1 - T_{\text{х}}); \tag{2}$$

$q_{\text{т}}$ – теплота охлаждения сухого воздуха в теплообменнике, равная

$$q_{\text{т}} = c_p \cdot (T_0 - T_1); \tag{3}$$

$q_{\text{ф}}$ – теплота фазовых превращений, затраченная на охлаждение и конденсацию (затвердевание) водяных паров, находящихся в 1 кг исходного влажного воздуха; $q_{\text{н}}$ – теплота нагрева охлаждающего воздуха в теплообменнике.

Совместное решение уравнений (1), (2), (3) позволяет определить относительную температуру

$$\tau_1 = (1 + N_{\text{ф}} + N_{\text{н}})/(1 + \bar{q}_{\text{х}}). \tag{4}$$

В полученном уравнении приведенная холодопроизводительность вихревой трубы $\bar{q}_{\text{х}}$ определяется соотношением

$$\bar{q}_{\text{х}} = \frac{q_{\text{х}}}{c_p \cdot T_1} = \mu \cdot (1 - \theta_{\text{х}}), \tag{4a}$$

где $\theta_{\text{х}} = T_{\text{х}} / T_1$.

Относительная теплота недогрева в теплообменнике составляет

$$N_{\text{ф}} = \frac{q_{\text{н}}}{c_p \cdot T_0}, \tag{5}$$

где

$$q_{\text{н}} = \mu \cdot c_p \cdot \Delta t_{\text{н}}. \tag{6}$$

Решая совместно уравнения (1), (2), (6) и уравнение теплового баланса теплообменника, получим

$$\mu \cdot c_p \cdot (T_2 - T_{\text{х}}) = q_{\text{т}} + q_{\text{ф}}, \tag{7}$$

отсюда

$$\Delta t_{\text{н}} = T_1 - T_2. \tag{8}$$

Последнее соотношение подтверждает целесообразность использования для охлаждения вихревой трубы осушенного воздуха низкого давления после подогрева его в теплообменнике, поскольку всегда $T_2 \le T_1$ и, следовательно, $T_2 < T_{\text{г}}$.

Относительная теплота фазовых превращений

$$N_{\text{ф}} = \frac{q_{\text{ф}}}{c_p \cdot T_0}. \tag{9}$$

Для определения теплоты $q_{\text{ф}}$ можно использовать уравнение

$$q_{\text{ф}} = (d_0 - d_1)(h_0'' - h_1'), \tag{9a}$$

где $h_0''$ и $h_1'$ – энтальпия насыщенного пара при температуре $T_0$ и конденсата (льда) при температуре $T_1$, соответственно.

Влагосодержание $d_1$ находится по известному соотношению

$$d_1 = \frac{0{,}622 \cdot p_{н1}}{p_0 - p_{н1}}, \qquad (10)$$

где $p_{н1}$ – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре $T_1$.

Поскольку $d_1$ зависит от $T_1$, то величины $q_ф$ и $N_ф$ также являются функциями температуры $T_1$ ($\tau_1$). Следовательно, уравнение (4) является трансцендентным и решается методом итераций в следующей последовательности. По известным параметрам исходного влажного воздуха $p_0$, $T_0$, $d_0$, $h_0$, $h_0''$ и заданной в первом приближении величине $\tau_1$ ($T_1$) определяют по уравнению (9а) величину $q_ф$.

Величину $d_1$, входящую в уравнение (9а), находят из соотношения (10), в котором парциальное давление $p_{н1}$ определяют из термодинамических таблиц по температуре $T_1$ охлажденного сжатого воздуха. По этой же температуре находят из таблиц величину энтальпии $h_1'$, входящей в уравнение (9а). Затем, задавшись величиной $\Delta t_н$, которая, как показывают экспериментальные данные, в большинстве случаев близка к нулю, определяют по уравнению (6) величину $q_н$. Параметр $\mu$ в этом уравнении должен соответствовать используемой в расчете величине $\overline{q}_х$.

Из соотношения (4) определяют с помощью выражений (5) и (9) величину $\tau_1$, используя которую в качестве второго приближения, повторяют весь расчет до совпадения с заданной точностью последующего и предыдущего значений $\tau_1$.

Величина $q_ф$ зависит также от начального влагосодержания $d_0$ холодного влажного воздуха, увеличиваясь с ростом $d_0$. Для насыщенного воздуха величина $d_0$ определяется его давлением и температурой, увеличиваясь с уменьшением $p_0$ и ростом $T_0$. Поэтому аналогично зависят от этих параметров температура $T_1$ ($\tau_1$) и влагосодержание $d_1$.

Относительная теплота фазовых превращений составляет в среднем $N_ф$ = 0,02–0,04, а относительная теплота недогрева $N_н$ = 0–0,1.

В большинстве случаев для осушителей при условии конденсации водяных паров $N_ф >> N_н$, как следует из (4), между величинами $\tau_1$, $N_ф$ и $N_н$ существует линейная зависимость, показанная на рис. 2. С увеличением $N_ф$ и $N_н$ температура $\tau_1$ возрастает.

Температурный напор на холодном конце теплообменника *1* (рис. 1) равен $\Delta t_х = T_1 - T_х$, т. е. определяется величиной эффекта охлаждения вихревой трубы, составляющей несколько десятков градусов при умеренных значениях степени расширения $\pi$.

Температурный напор на теплом конце теплообменника $\Delta t_т = T_0 - T_2$. Поскольку всегда $T_2 \le T_1$, величина $\Delta t_т$ также достаточна велика.

Большая величина температурного напора позволяет получить в теплообменнике высокую степень регенерации при умеренных величинах площади теплообменной поверхности. Поэтому практически во всех случаях $T_2 \approx T_1$ и $\Delta t_н \approx 0$, что подтверждается при экспериментальных исследованиях. Учитывая изложенное, а также приведенное выше соотношение $N_н << N_ф$, можно с достаточно большой степенью точности принимать в расчетах $N_н = 0$.

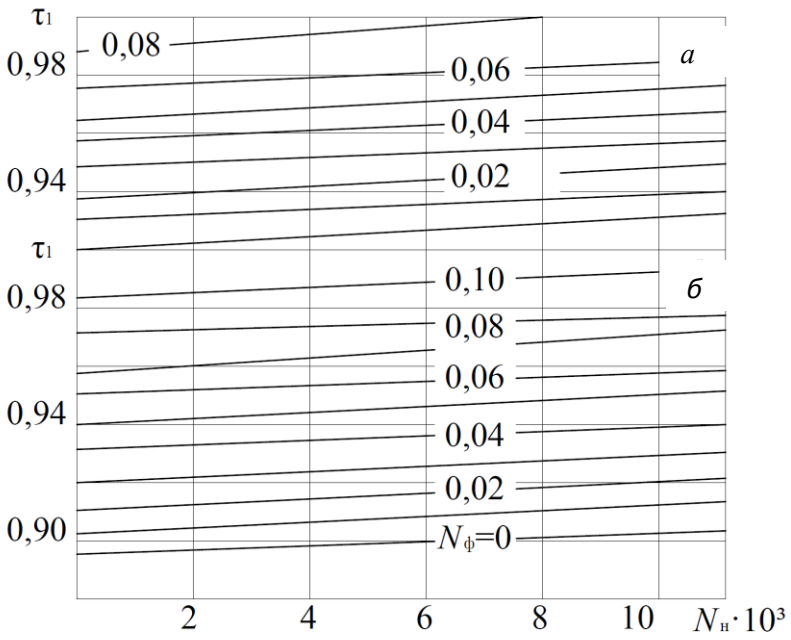



Рис. 2. Температурные характеристики осушителя для π = 7: *а* – с адиабатной вихревой трубой, *б* – с охлаждаемой вихревой трубой

Условия охлаждения сжатого воздуха в теплообменнике определяются неравенством $N_н + N_ф < \bar{q}_х$.

Температуру $T_х$ холодного потока на выходе из вихревой трубы можно определить из соотношения

$$\tau_х = T_х / T_0 = \theta \cdot \tau_1, \quad (11)$$

в котором $\theta = (1 - \bar{q}_х / \mu)$, причем параметр μ должен соответствовать заданной холодопроизводительности $\bar{q}_х$ вихревой трубы.

Разработанная авторами методика термодинамического анализа вихревых воздухоосушителей с последовательными соединением вихревой трубы и теплообменника позволяет определить влияние начальных параметров исходного сжатого воздуха на эффективность охлаждения и осушки воздуха при различных условиях осушителя. Глубина осушки увеличивается при повышении начального давления и уменьшении начальной температуры. Важным результатом работы является определение максимальной температуры подогрева в теплообменнике охлаждающего воздуха, которая не может превышать температуру охлаждаемого воздуха на выходе из теплообменника. Это важное условие позволяет рассчитать реальные характеристики вихревого осушителя с последовательным соединением теплообменника и генератора холода.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркулов, А. П. Вихревой эффект и его применение в технике / А. П. Меркулов. – Москва : Машиностроение, 1969. – 183 с. – Текст : непосредственный.

2. Мартынов, А. В. Что такое вихревая труба? / А. В. Мартынов, В. М. Бродянский. – Москва : Энергия, 1976. – 152 с. – Текст : непосредственный.

3. Бодров, М. В. Применение вихревых труб для охлаждения насыпи сочного растительного сырья / М. В. Бодров, А. Н. Пылаев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 4. – С. 107–113.

**BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of heating and ventilation; PYLAEV Aleksandr Nikolaevich, graduate student of the chair of heating and ventilation**

## THEORETICAL JUSTIFICATION AND DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY VORTEX AIR DRYERS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-85;
e-mail: tes84@mail.ru
*Key words:* vortex tube, air drying, cooling capacity, moisture content.

*A mathematical model of the drying process has been developed, including the equations of the energy balance of the dryer and heat exchanger, the cooling capacity of a vortex tube, and the heat of phase transformations. Calculation equations for determining the cooling temperature of the initial moist air in the heat exchanger are obtained.*

REFERENCES

1. Merkulov A. P. Vikhrevoy effekt i ego primenenie v tekhnike [Vortex effect and its application in engineering]. Moscow, Mashinostroenie, 1969. 183 p.
2. Martynov A. V., Brodyanskiy V. M. Chto takoe vikhrevaya truba? [What is a vortex tube?]. Moscow, Energiya, 1976. – 152 p.
3. Bodrov M. V., Pylaev A. V. Primenenie vikhrevykh trub dlya okhlazhdeniya nasypi sochnogo rastitelnogo syrya [The use of vortex tubes for cooling a mound of juicy vegetable raw materials]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023. № 4. P. 107–113.

**© М. В. Бодров, А. Н. Пылаев, 2024**
Получено: 09.01.2024 г.

**УДК 628.144:532.542**

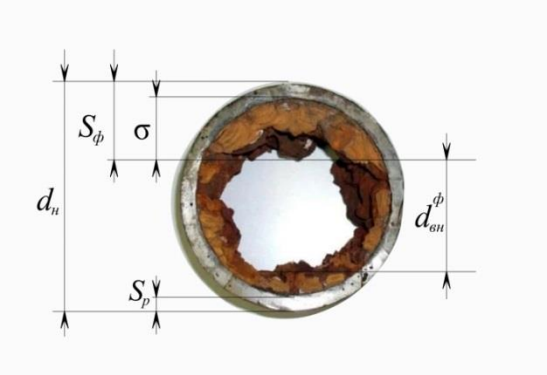
**О. А. ПРОДОУС[1], д-р техн. наук, проф., независимый эксперт по водоснабжению и водоотведению; П. П. ЯКУБЧИК[2], канд. техн. наук, проф. кафедры водоснабжения, водоотведения и гидравлики; Д. И. ШЛЫЧКОВ[3], канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения и водоотведения; С. С. БАЛАШОВ[2], аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и гидравлики**

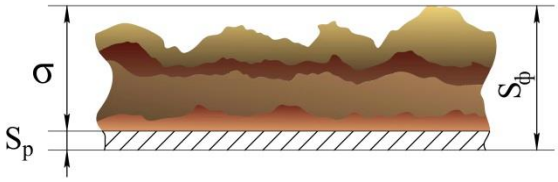
# НОВАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОДОПРОВОДОВ С ВНУТРЕННИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

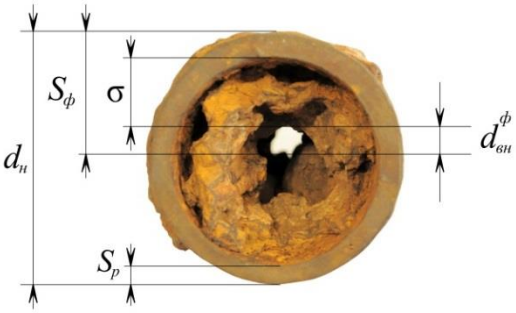
[1]Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, Московский проспект 37/1, лит. А, пом. 1-Н. Тел.: (921) 967-27-25; эл. почта: pro@enco.su
[2]Россия, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9. Тел.: (921) 346-54-45; эл. почта: p.jakub@mail.ru
[3]Россия, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. Тел.: (926) 286-56-54; эл. почта ShlyichkovDI@mgsu.ru
*Ключевые слова:* металлические трубы водоснабжения, внутренние отложения, гидравлический расчет, новая зависимость.

*Предложен новый вид расчетной зависимости для гидравлического расчета металлических водопроводных труб с внутренними отложениями, учитывающий фактическую толщину слоя отложений, изменяющий значения фактического внутреннего диаметра труб, характеризуемого значением фактической скорости движения воды. Разработана универсальная зависимость для гидравлического расчета металлических водопроводных труб с внутренними отложениями любой толщины и на конкретном примере показана точность использования предложенной зависимости для гидравлического расчета таких труб.*

Практикой эксплуатации металлических водопроводных сетей из стальных труб и труб из серого чугуна установлено, что внутренняя поверхность труб из таких видов материалов в процессе жизненного цикла «Эксплуатация» покрывается слоем внутренних отложений $\sigma_ф$, изменяющим значения характеристик их гидравлического потенциала ($d_{вн}^{ф}$, $V_ф$, $i_ф$), рис. 1 [1, 2].




*б*

Рис. 1. Отложения на внутренней поверхности водопроводных труб: *а* – стальных; *б* – чугунных из серого чугуна

Гидравлический расчет водопроводов из стали и серого чугуна с внутренними отложениями принято производить по специальным таблицам, облегчающим расчет с достаточной практической точностью [1, 2]. В таких таблицах принято для расчетов использовать классическую формулу Дарси-Вейсбаха, имеющую вид:

$$h = i \cdot \ell \text{ , м} \quad , \tag{1}$$

где $h$ – потери напора на сопротивление по длине водопровода, м; $\ell$ – длина водопровода, м; $i$ – гидравлический уклон или потери напора на сопротивление по длине труб в 1 п.м, м/м. При $\ell$ = 1 п.м., $h$ = $i$, м/м.

При этих двух условиях формула Дарси-Вейсбаха принимает вид [3]:

$$i = \lambda \frac{V^2 \cdot \ell}{2g \cdot d_{\text{вн}}} \text{ , м/м} \quad , \tag{2}$$

где:
λ – безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления труб;
$V$ – средняя скорость движения воды, м/с;
$g$ – ускорение свободного падения, м/с$^2$;
$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр труб, м (рис. 1):

$$d_{\text{вн}} = d_{\text{н}} - 2S_{\text{р}} \text{ , м;} \tag{3}$$

$d_н$ – наружный диаметр труб по ГОСТ для труб из конкретного вида материала, м;
$S_р$ – толщина стенки трубы по ГОСТ, м.

При наличии фактического слоя внутренних отложений $\sigma_ф$ фактический внутренний диаметр труб $d_{вн}^{ф}$ определяется по формуле, учитывающей фактическую толщину слоя отложений $\sigma_ф$ (рис. 1):

$$d_{вн}^{ф} = \left(d_н - 2S_р\right) - 2\sigma_ф = d_{вн} - 2\sigma_ф, \text{ м} . \quad (4)$$

**Методы исследований**

В результате исследований, проведенных профессором Ф. А. Шевелевым на металлических водопроводных трубах разного диаметра, им было предложено для не новых стальных и чугунных труб определять значение коэффициента гидравлического сопротивления λ по формуле, имеющей вид (при температуре воды 10° С, ($\upsilon$ = 1,3 $10^{-6}$ м$^2$/с)):

$$\lambda = \frac{0{,}0179}{\left(d_{вн}^{ф}\right)^{1{,}3}} \left(1 + \frac{0{,}867}{V_ф}\right)^{0{,}3}, \quad (5)$$

где: $d_{вн}^{ф}$ – фактический внутренний диаметр труб с отложениями, м;
$V_ф$ – фактическая средняя скорость движения воды, м/с

$$V_ф = \frac{4 \cdot q}{\pi\left(d_{вн}^{ф}\right)^2}, \text{ м/с} . \quad (6)$$

Принято считать, что $V_ф \geq 1{,}2$ м/с [4].

При наличии фактического слоя внутренних отложений в трубах $\sigma_ф$ их фактический внутренний диаметр $d_{вн}^{ф}$ определяется по формуле (4), учитывающей толщину этого слоя (рис. 1).

Подстановка формул (5), (6) и (4) в формулу (2) с учетом преобразований дает следующий новый вид расчетной зависимости для гидравлического расчета металлических водопроводных труб с любой толщиной слоя внутренних отложений $\sigma_ф$:

$$i_ф = \frac{0{,}00148 \cdot q^2}{\left(d_{вн} - 2\sigma_ф\right)^{5{,}3}} \cdot \left(1 + \frac{0{,}681 \cdot \left(d_{вн} - 2\sigma_ф\right)^2}{q}\right)^{0{,}3}, \text{ м/м}, \quad (7)$$

где $q$ – заданный расход воды, м$^3$/с; $\sigma_ф$ – фактическая (измеренная толщиномером) толщина слоя внутренних отложений на стенках труб, м.

Предлагаемый авторами вид расчетной зависимости (7) предусматривает сравнение значений $i_ф$, рассчитанных по таблицам [1, 2] и по формуле (7). Проведем такое сравнение для условий конкретного примера.

Значения характеристик гидравлического потенциала труб, подсчитанных по Справочному пособию [2] и по новой зависимости (7), для удобства сравнения сведены в табл. 1.

Таблица 1

**Зависимости значений гидравлического потенциала от толщины слоя отложений**

| $\sigma_ф$, мм | $q$, м$^3$/с | Значение характеристик гидравлического потенциала труб | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | по таблицам [1] | | | по таблицам [2] | | | по новой зависимости (7) | | |
| | | $d_{вн}^{ф}$, м | $V_ф$, м/с | $i_ф$, м/м | $d_{вн}^{ф}$, м | $V_ф$, м/с | $i_ф$, м/м | $d_{вн}^{ф}$, м | $V_ф$, м/с | $i_ф$, м/м |
| 0 | 0,038 | 0,205 | 1,15 | 0,01114 | 0,205 | 1,15 | 0,01110 | 0,205 | 1,15 | 0,01124 |
| 10 | 0,038 | 0,183 | 1,45 | 0,02033 | 0,183 | 1,41 | 0,01935 | 0,183 | 1,41 | 0,01996 |
| 15 | 0,038 | 0,173 | 1,62 | 0,02739 | 0,173 | 1,58 | 0,02614 | 0,173 | 1,58 | 0,02655 |
| 20 | 0,038 | 0,163 | 1,82 | 003755 | 0,163 | 1,78 | 0,03584 | 0,163 | 1,78 | 0,03597 |
| 25 | 0,038 | 0,153 | 2,07 | 0,05252 | 0,153 | 2,02 | 0,05012 | 0,153 | 2,02 | 0,04973 |
| 30 | 0,038 | 0,143 | 2,37 | 0,07515 | 0,143 | 2,30 | 0,07094 | 0,143 | 2,30 | 0,07034 |

**Результаты и обсуждения**

Анализ значений характеристик труб для приведенного примера показывает, что при прочих равных условиях изменение фактической толщины слоя внутренних отложений $\sigma_ф$ влияет на величину значений фактической скорости движения воды $V_ф$ (формула (6)) и величину фактического гидравлического уклона $i_ф$ (формула (7)). Чем больше значение $\sigma_ф$, тем больше значение $V_ф$ и тем больше значение $i_ф$. Расчет величин значений $i_ф$ по разным формулам дает разный результат.

Для подтверждения этого заключения на рис. 2 построены графики зависимостей по данным табл. 1:

$$i_ф^{таб\,1} = f(\sigma_ф),\quad i_ф^{таб\,2} = f(\boldsymbol{\sigma}_ф) \text{ и } i_ф^{нов} = f(\sigma_ф)$$

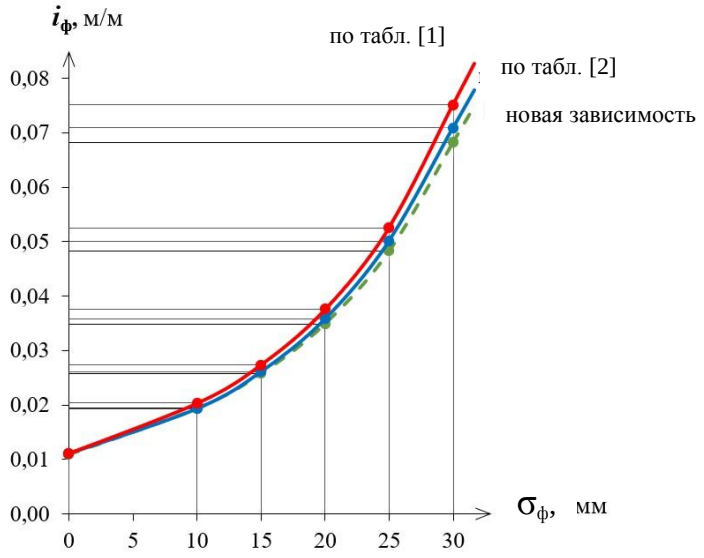



Рис. 2. Сравнение графиков расчетных зависимостей $i_ф^{таб\,1} = f(\sigma_ф)$, $i_ф^{таб\,2} = f(\sigma_ф)$ и $i_ф^{нов} = f(\sigma_ф)$

Графики, приведенные на рис. 2, подтверждают вывод о том, что чем больше значение $\sigma_ф$ , тем больше значения $V_ф$ и $i_ф$. То есть зависимость (7) для гидравлического расчета металлических водопроводов с внутренними отложениями $\sigma_ф$ уточняет гидравлический расчет металлических труб из стали и серого чугуна.

Поэтому после проведения дополнительного анализа новой зависимости (7) в следующем издании Справочного пособия [2] будут учтены сведения, приведенные в данной статье.

Покажем изменение величины относительных погрешностей $\delta_ф^{отн}$, возникающих при использовании табличных [1, 2] и расчетных по формуле (7) значений характеристик гидравлического потенциала труб для условий приведенного примера при $\sigma_ф$ = 20 мм.

Результаты расчета значений характеристик труб для сравнения сведены в табл. 2.

Таблица 2

**Значения гидравлического потенциала при толщине слоя отложений 20 мм**

| Толщина слоя отложений $\sigma_ф$, мм | $q$, м$^3$/с | Значения гидравлических характеристик | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | по таблицам [2] | | | по зависимости (8) | | |
| | | $d_{вн}^ф$, м | $V_ф$, м/с | $i_ф$, м/м | $d_{вн}^ф$, м | $V_ф$, м/с | $i_ф$, м/м |
| 20 | 0,038 | 0,165 | 1,78 | 0,03528 | 0,165 | 1,78 | 0,03308 |
| Процент расхождения значений погрешности расчета, δ, % | | | | | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 6,24 |

Истинное значение величины фактического гидравлического уклона $i_ф$ для рассмотренного примера определяется с учетом величины относительной погрешности $\delta_{i_ф}^{отн}$ его вычисления по формуле (8):

$$i_ф^{ист} = i_ф \pm \delta_{i_ф}^{отн}\ , \quad м/м\ , \tag{8}$$

где:

$\delta_{i_ф}^{отн}$ – относительная погрешность вычисления значения $i_ф$ определяется по формуле:

$$\delta_{i_ф}^{отн} = \left|\frac{i_р^{таб}}{i_ф}\right| \cdot 100\ \%\ ; \tag{9}$$

$i_р^{таб}$ – расчетное табличное значение $i_р$ для условий приведенного примера, м/м;

$i_ф$– фактическое значение, рассчитанное по формуле (7), м/м

$$\delta_{i_ф}^{отн} = \left|\frac{0{,}03528}{0{,}03308}\right| \cdot 100\ \% = 1{,}0665\ \cdot 100\% = 106{,}65\ \%,$$

$$\delta_{i_ф}^{отн} = 106{,}65\ \% - 100\ \% = 6{,}65\ \%.$$

Тогда истинное значение $i_{ф}^{ист}$ по формуле (8) составит:

$$i_{ф}^{ист} = i_{ф} \pm 6{,}65\ \% = 0{,}03308 \pm 0{,}0022 = 0{,}03528 \text{ м/м}.$$

Это свидетельствует о том, что истинное значение фактического гидравлического уклона $i_{ф}^{ист}$ отличается от фактического значения $i_{ф}$ на величину относительной погрешности расчета $\delta_{ф}^{отн}$, рассчитанной по формуле (9).

На практике установлено, что предельное значение расчетных значений гидравлических характеристик труб следует определять с точностью, не превышающей $\delta_{ф}^{пр}$= 5,0 % [7].

**Заключение**

Так как процент расхождения значений $i_{ф}$ по таблицам [1, 2] и новой зависимости (7) составляет $\delta_{ф}$= 6,24 %, то это означает, что предельное значение $i_{ф}$ нарушено:

$$\delta^{пр}=5{,}0\ \% < \delta_{ф}= 6{,}24\ \%, \quad \text{на } 1{,}24\ \%.$$

Поэтому представленные на примере задачи данные и построенные на рис. 2 графики зависимостей (см. рис. 2) позволяют сделать следующие выводы:

1) предложен уточненный вид формулы Дарси-Вейсбаха (2) для металлических водопроводных труб с любой толщиной фактического слоя внутренних отложений $\sigma_{ф}$ (формула (7));

2) отмечена необходимость уточнения значений характеристик труб в Справочных пособиях [1, 2] за счет использования при расчетах новой зависимости (7).

Таким образом, использование новой расчетной зависимости (7) для гидравлического расчета металлических водопроводов с внутренними отложениями позволит обеспечить выполнение требований нормативного документа СП 31.13330.2021 (п. 11.45), за счет использования более точного Справочного пособия (2) для гидравлического расчета металлических водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями с уточнением величины фактических значений $i_{ф}$ с помощью зависимости (8), учитывающей любое изменение значений толщины слоя внутренних отложений $\sigma_{ф}$ в металлических водопроводных трубах из стали и серого чугуна.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – 12-е издание. – Москва : Бастет, 2020. – 428 с. – ISBN: 978-5-903178-43-8. – Текст : непосредственный.

2. Продоус, О. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями : справочное пособие / О. А. Продоус, А. А. Шипилов, П. П. Якубчик. – Москва : Перо, 2021. – 238 с. : ил. – ISBN 978-5-00189-357-8. – Текст : непосредственный.

3. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение : учебник для вузов / Н. Н. Абрамов. – 2-е издание, переработанное, дополненное. – Москва : Стройиздат, 1974. – 480 с. – Текст : непосредственный.

4. Шевелев, Ф. А. Исследование основных гидравлических закономерностей турбулентного движения в трубах / Ф. А. Шевелев. – Москва : Госстройиздат, 1953. – 208 с. – Текст : непосредственный.

5. Продоус, О. А. Таблицы для гидравлического расчета труб напорных из полиэтилена : справочное пособие / О. А. Продоус. – Издание 3-е, дополненное. – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2017. – 240 с. : ил. – ISBN 978-5-4386-1360-2. – Текст : непосредственный.

6. Продоус, О. А. Гидравлическое прогнозирование продолжительности использования металлических трубопроводов водоснабжения и водоотведения / О. А. Продоус. – Текст : непосредственный // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2020. – № 11 (155). – С. 28–32.

7. Продоус, О. А. Систематизация гидравлического расчета металлических сетей водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями на стенках труб / О. А. Продоус, Д. И. Шлычков. – Текст : электронный // Строительство: наука и образование. – 2022. – Том 12, Выпуск 3. – С. 115–124. – URL: http://nso-journal.ru. – DOI: 10.22227/2305-5502.2022.3.7.

8. Продоус, О. А. Анализ погрешностей при гидравлическом расчете металлических трубопроводов водоснабжения с использованием справочных пособий Ф. А. Шевелева / О. А. Продоус, А. А. Шипилов, Л. Д. Терехов, П. П. Якубчик. – Текст : непосредственный // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2021. – № 2 (158). – С. 50–55.

9. Продоус, О. А. Допустимая погрешность значений расчетных параметров при гидравлическом расчете трубопроводов из полимерных материалов / О. А. Продоус. – Текст : непосредственный // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2021» : материалы XIII Международной научно-практической конференции, Сочи, Красная Поляна, 14-17 декабря 2021. – Новочеркасск, 2021. – С. 95-100. – ISBN 978-5-907391-44-4.

10. Продоус, О. А. Уточненный вид расчетной зависимости для гидравлического расчета изношенных металлических водопроводных труб с внутренними отложениями / О. А. Продоус. – Текст : непосредственный // Яковлевские чтения : сборник XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С. В. Яковлева / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – Москва, 2021. – С. 178–193. – ISBN: 978-5-7264-2855-0.

11. Продоус, О. А. Новый подход к гидравлическому расчету металлических трубопроводов водоснабжения с отложениями на их внутренних стенках / О. А. Продоус, П. П. Якубчик. – Текст : непосредственный // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. – 2022. – № 1. – С. 28–30.

12. Влияние толщины слоя внутренних отложений в трубопроводах систем водоснабжения и водоотведения на продолжительность периода их остаточной эксплуатации / О. А. Продоус, Д. И. Шлычков, П. П. Якубчик, С. В. Пархоменко. – Текст : электронный // Вестник МГСУ. – 2022. – Том 17, выпуск 6. – С. 738–746. – DOI: 10.22227/1997-0935.2022.6.738-746.

**PRODOUS Oleg Aleksandrovich[1], doctor of technical sciences, professor, independent expert on water supply and water disposal; YAKUBCHIK Pyotr Petrovich[2], candidate of technical sciences, professor of the chair of water supply and hydraulics; SHLYCHKOV Dmitry Ivanovich[3], candidate of technical sciences, associate professor of the chair of water supply and water disposal; BALASHOV Sergey Sergeevich[2], postgraduate student of the chair of water supply and hydraulics**

## A NEW DEPENDENCE FOR THE HYDRAULIC CALCULATION OF METAL WATER PIPES WITH INTERNAL DEPOSITS

[1]37/1, Moskovsky pr., lit. A, room 1-N, St. Petersburg, 190005. Tel.: +7 (921) 967-27-25;
e-mail: pro@enco.su
[2]Emperor Alexander I St. Peterburg State Transport University
9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031. Tel.: +7 (921) 346-54-45;
e-mail: p.jakub@mail.ru
[3]National Research Moscow State University of Civil Engineering
26, Yaroslavskoe sh., Moscow, 129337. Tel.: +7 (926) 286-56-54;
e-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru
*Key words:* metal water supply pipes, internal deposits, hydraulic calculation, new dependence.

*The article suggests a new type of calculation dependence for the hydraulic distribution of metal water pipes with internal deposits, taking into account the actual thickness of the sediment layer, changing the values of the actual internal diameter of the pipes, characterized by the value of the actual water velocity. A universal dependence for the hydraulic calculation of metal water pipes with internal deposits of any thickness has been developed and the accuracy of using the proposed dependence for the hydraulic calculation of such pipes is shown by a concrete example.*

REFERENCES

1. Shevelev F. A., Shevelev A. F. Tablitsy dlya gidravlicheskogo raschyota vodoprovodnykh trub [Tables for hydraulic calculation of water pipes] : spravochnoe posobie. 12-e izdanie. Moscow: Bastet, 2020. – 428 p. – ISBN: 978-5-903178-43-8.

2. Prodous O. A., Shipilov A. A., Yakubchik P. P. Tablitsy dlya gidravlicheskogo raschyota vodoprovodnykh trub iz stali i serogo chuguna s vnutrennimi otlozheniyami [Tables for hydraulic calculation of water pipes made of steel and gray cast iron with internal deposits] : spravochnoe posobie. Moscow : Pero, 2021. – 238 p. il. – ISBN 978-5-00189-357-8.

3. Abramov N. N. Vodosnabzhenie [Water supply] : uchebnik dlya VUZov. 2-e izdanie, pererab., dopolnen.. Moscow : Stroyizdat. 1974. – 480 p.

4. Shevelev F. A. Issledovanie osnovnykh gidravlicheskikh zakonomernostey turbulentnogo dvizheniya v trubakh [Investigation of the main hydraulic patterns of turbulent motion in pipes]. – Moscow : Gosstroyizdat. 1953. 208 p.

5. Prodous O. A. Tablitsy dlya gidravlicheskogo raschyota trub napornykh iz polietilena [Tables for the hydraulic calculation of pressure pipes made of polyethylene] : spravochnoe posobie. Izd. 3-e dopolnen. Saint-Petersburg: Svoye izdatelstvo, 2017. – 240 p. il. – ISBN 978-5-4386-1360-2.

6. Prodous O. A. Gidravlicheskoe prognozirovanie prodolzhitelnosti ispolzovaniya metallicheskikh truboprovodov vodosnabzheniya i vodootvedeniya [Hydraulic forecasting of the duration of use of metal pipelines for water supply and sanitation]. Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie [Water purification. Water treatment. Water supply], 2020. № 11 (155). – P. 28–32.

7. Prodous O. A., Shlychkov D. I. Sistematizatsiya gidravlicheskogo raschyota metallicheskikh setey vodosnabzheniya i vodootvedeniya s vnutrennimi щедщярутшнфьш na stenkakh trub [Systematization of hydraulic calculation of metal water supply and sanitation networks with internal deposits on the walls of pipes // Stroitelstvo: nauka i obrazovanie [Construction: science and education]. 2022. Vol. 12. Issue 3. Moscow. – P. 115–124. // URL: http://nso-journal.ru . DOI: 10.22227/2305-5502.2022.3.7.

8. Prodous O. A., Shipilov A. A., Terekhov L. D., Yakubchik P. P. Analiz pogreshnostey pri gidravlicheskom raschyote metallicheskikh truboprovodov vodosnabzheniya s ispolzovaniem spravochnykh posobiy F.A. Sheveleva [Error analysis in the hydraulic calculation of metal water supply pipelines using F.A. Shevelev's reference manuals]. //

Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie [Water purification. Water treatment. Water supply]. 2021. № 2 (158). – P. 50–55.

9. Prodous O. A. Dopustimaya pogreshnost znachiy raschyotnykh parametrov pri gidravlicheskom raschyote truboprovodov iz polimernykh materialov [Permissible error in the values of design parameters in the hydraulic calculation of pipelines made of polymer materials]. // Tekhnologii ochistki vody "TEKHNOVOD-2021" [Water purification Technologies TECHNO-WATERS-2021] : materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sochi, Krasnaya Polyana, December 14-17, 2021. – Novocherkassk, 2021. P. 95–100. – ISBN 978-5-907391-44-4.

10. Prodous O. A. Utochnyonny vid raschyotnoy zavisimosti dlya gidravlicheskogo raschyota iznoshennykh metallicheskikh vodoprovodnykh trub s vnutrennimi otlozheniyami [A refined type of calculation dependence for the hydraulic calculation of worn metal water pipes with internal deposits]. // Yakovlevskie chteniya [Yakovlev readings] : sbornik XVI Mezhdunar. nauchno-tekhnich. konferentsii, posvyashchyonnoy pamyati akademika RAN S. V. Yakovleva / Natsional. issled. Moskov. gos. stroit. un-t. Moscow, 2021. – P. 178–193. – ISBN: 978-5-7264-2855-0.

11. Prodous O. A., Yakubchik P. P. Novy podkhod k gidraavlicheskomu raschyotu metsllicheskikh truboprovodov vodosnabzheniya s otlozheniyami na ikh vnutrennikh stenkakh [A new approach to the hydraulic calculation of metal water supply pipelines with deposits on their inner walls]. // Inzhenernye sistemy. AVOK severo-zapad [Engineering systems. AVOC North-West]. 2022. № 1. – P. 28–30.

12. Prodous O. A., Shlychkov D. I., Yakubchik P. P., Parkhomenko S. V. Vliyanie tolshchiny sloya vnutrennikh otlozheniy v truboprovodakh sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya na prodolzhitelnost perioda ikh ostatochnoy ekspluatatsii [Influence of the thickness of the layer of internal sediments in pipelines of water supply and drainage systems on the duration of their residual operation] // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. 2022. – Vol. 17, issue 6. P. 738-746. // DOI: 10.22227/1997-0935.2022.6.738-746.

**© О. А. Продоус, П. П. Якубчик, Д. И. Шлычков, С. С. Балашов, 2024**
Получено: 28.11.2023 г.

**УДК 628.35**

**А. Л. ВАСИЛЬЕВ[1], д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; С. М. ГУСЕЙНОВА[1], ст. преп. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; С. А. ЛУКОВ[2], гл. инженер; Т. Л. БОРОВКОВА[2], ведущий инж.-технолог**

# АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-87; эл. почта: k_viv@nngasu.ru
[2]АО «Нижегородский водоканал»
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Керченская, 15а. Тел.: (831) 246-99-77; эл. почта: info@vodokanal-nn.ru
*Ключевые слова:* сточные воды, биологическая очистка, иловые воды, возвратные воды, фугат, фильтрат, биогенные вещества.

*Рассматривается проблема загрязнения водных объектов сточными водами, проведен анализ эффективности биологической очистки городских сточных вод и выявлены основные источники насыщения сточных вод внутриплощадочной канализации биогенными элементами; рассмотрены наиболее перспективные методы очистки возвратных потоков.*

Вследствие роста темпов урбанизации и увеличения масштабов хозяйственной деятельности человека возрастает и уровень антропогенного воздействия на водные объекты. Анализ статистической информации и данных государственных докладов позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на сокращение объемов сброса загрязненных сточных вод, улучшения качества воды в поверхностных водных объектах в целом по стране не наблюдается. Вода большинства поверхностных водных объектов РФ, на которых проводятся наблюдения, оценивается как «загрязненная» (3 класс качества воды) [1, 2, 3].

По данным за 2021 г. и 2022 г. по аммонийному и нитритному азоту в водных объектах на территории России наблюдались превышения ПДК в 10, 30 и 50 раз, что свидетельствует о высоком уровне загрязненности воды по данным веществам [1, 2]. Согласно данным за последние несколько лет, в поверхностных водоемах на территории страны также наблюдались превышения по фосфору фосфатов до 10 ПДК [1, 2].

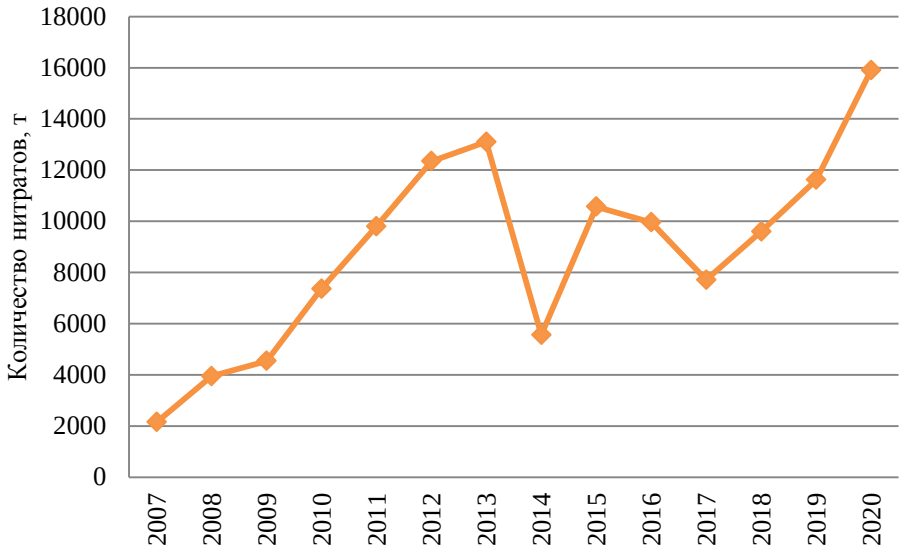



Рис. 1. Динамика поступления нитратов со сточными водами в водоемы по Нижегородской области за 2007–2020 гг.

В Нижегородской области объем сброса сточных вод за последние 9 лет сократился почти на 35 %. Отчасти это обусловлено внедрением ресурсосберегающих технологий на предприятиях, а также механизмами регулирования водопотребления населением. Однако, как известно, сокращение объемов сточных вод зачастую сопряжено с повышением концентрации в них загрязняющих веществ.

По данным экологического мониторинга в бассейне р. Оки и р. Волги вода относится к классу «загрязненная» и «грязная». Наблюдаются высокие (1-2 ПДК) концентрации азота аммонийного, в некоторых притоках периодически фиксируется содержание фосфора фосфатов в концентрациях на верхних границах ПДК.

Наличие в природной воде биогенных элементов, таких как фосфор и азот, в высоких концентрациях может способствовать быстрому и повсеместному распространению отдельных представителей фитопланктона, вызывающих «цветение» воды и ускорять процесс эвтрофикации водного объекта.

В связи с этим важное значение имеет вопрос обеспечения эффективной очистки образующихся сточных вод, сброс которых осуществляется в поверхностные водотоки. Наиболее распространенным методом очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод на городских очистных сооружениях является биологическая очистка.

Одним из основных источников поступления соединений азота и фосфора в поверхностные водные объекты является сброс промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Таким образом, актуальной на сегодняшний день является задача повышения эффективности очистки от указанных биогенных элементов сбрасываемых в водоемы сточных вод.

Известные на сегодняшний день методы удаления азота можно разделить на биологические и физико-химические. В области очистки городских сточных вод на практике наибольшее распространение получили биологические методы удаления азота, так как они более экологичные (за счет отсутствия вторичных

загрязнений, образующихся после применения коагулянтов и т. д.) и не требуют добавления реагентов.

Традиционным методом очистки сточных вод от соединений азота в технологических схемах биологической очистки является нитри-денитрификация. В процессе нитрификации аммонийный азот окисляется бактериями сначала до нитритов, затем до нитратов. Денитрифицирующие бактерии восстанавливают азот нитратов до свободного азота. Недостатком данного метода являются дополнительные затраты на обеспечение аэрации, а также потребность в высоком содержании органического вещества и необходимость внесения источников углерода.

Помимо изученных на протяжении многих лет и повсеместно внедренных на очистных сооружениях традиционных методов очистки, в последние годы разрабатываются и апробируются новые технологии удаления биогенных элементов.

К таким технологиям можно отнести аннамокс и удаление азота и фосфора осаждением струвита.

Анаммокс – это процесс окисления аммония нитритом с образованием молекулярного азота, осуществляемый автотрофными анаэробными аннамокс-бактериями, которые впервые были открыты всего 20 лет назад [4].

Необходимо отметить, что сооружения очистки стоков от соединений азота и фосфора могут быть внедрены в технологическую схему как на этапах биологической очистки (для избавления от биогенных веществ в поступающих на сооружения городских сточных водах), так и обособленно в виде локальных сооружений после участков образования иловых вод. Например, местами насыщения сточных вод фосфором и азотом могут быть участки механического обезвоживания осадка, где в центрифугах или в фильтр-прессах происходит механическое разрушение частиц осадка и живых бактерий и, как следствие, обогащение фугата или фильтрата фосфором и азотом, которые возвращаются в начало очистных сооружений.

Для очистки стоков с низким содержанием азота и достаточно высокой концентрацией органики, таких как городские сточные воды, традиционного метода нитри-денитрификации будет достаточно. Однако для вод с высокими концентрациями азота и низким содержанием органических веществ нитри-денитрификация не эффективна и здесь может применяться технология аннамокс. Таким образом, аннамокс-процесс является наиболее перспективным и эффективным способом удаления аммония из сточных вод, содержащих высокие концентрации азота и низкие концентрации органического вещества.

Методы удаления из сточных вод фосфатов можно разделить на биологические, химические и физико-химические.

Биологический метод основан на поглощении микроорганизмами рода Acinetobacter большого количества фосфора для синтеза клеток. Данный метод является наиболее экологичным, однако имеет низкую эффективность (менее 70 %) и требует периодических рециклов [5].

Из физико-химических методов можно выделить адсорбционный метод, при котором фосфор адсорбируется на поверхности сорбента, и метод кристаллизации, при котором в сточных водах выращиваются кристаллы фосфатов с последующим их удалением из системы.

Среди химических методов на очистных сооружениях канализации наиболее распространен реагентный метод удаления фосфатов. В качестве реагентов применяются соли металлов. Большое распространение получил комбинированный метод, сочетающий биологическое изъятие фосфора и осаждение коагулянтами, так как благодаря такому сочетанию можно достичь наибольшего процента извлечения фосфора из жидкости. Однако в результате применения реагентов наблюдается вторичное загрязнение ионами металлов и др. соединениями. Также к недостаткам этих методов можно отнести финансовые затраты на реагенты.

Перспективы применения перечисленных выше методов удаления фосфора и азота были рассмотрены на примере Нижегородской станции аэрации – комплекса сооружений, предназначенных для полной биологической очистки сточных вод г. Н. Новгорода и г. Бора.

Общая производительность сооружений, занимающих площадь 270 га, составляет 1200,0 тыс. м$^3$ в сутки. Среднесуточный расход сточных вод в настоящее время составляет около 770 тыс. м$^3$. На станции осуществляется полная биологическая очистка, включающая следующие основные этапы: механическую очистку, непосредственно биологическую очистку и обработку осадков.

В 2019 году на станции была завершена вторая очередь модернизации аэротенков, в ходе которой было установлено оборудование для обеспечения процессов нитрификации и денитрификации с целью удаления аммонийного азота.

В данной работе было проанализировано изменение концентрации соединений фосфора и азота на входе и выходе сооружений очистки, а также на промежуточных этапах очистки (табл. 1).

Таблица 1

**Изменение концентрации соединений фосфора и азота на разных этапах очистки сточных вод**

| Место отбора пробы воды | Фосфат-ион ($PO_4$) мг/дм$^3$ | Аммоний-ион, мг/дм$^3$ | Нитрит - ион, мг/дм$^3$ | Нитрат - ион, мг/дм$^3$ |
|---|---|---|---|---|
| Общий поток | 10,2 | 38,9 | 0,138 | 0,53 |
| Осветленная вода I очереди (вода после первичных отстойников) | 11,0 | 41 | <0,02 | 0,41 |
| Осветленная вода II очереди (вода после первичных отстойников) | 10,7 | 39,7 | <0,02 | 0,45 |
| Очищенная вода I очереди (после биологической очистки) | 1,23 | 2,95 | 0,439 | 46,3 |
| Очищенная вода II очереди (после биологической очистки) | 4,13 | 5,09 | 0,451 | 67,5 |
| Выпуск в водоем | 2,46 | 3,95 | 0,440 | 55,8 |

В ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов», приведены характерные диапазоны концентраций загрязнений сточных вод (табл. 2).

Таблица 2

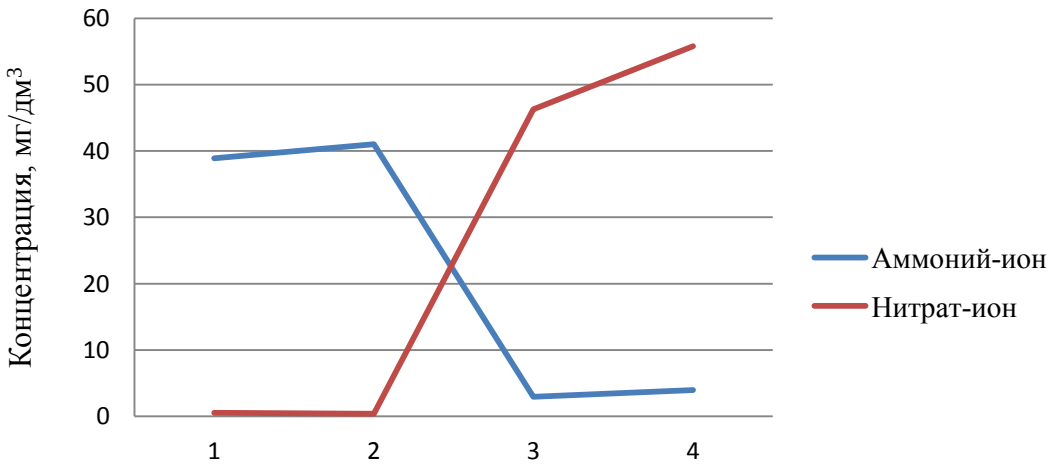
**Характерные диапазоны концентраций загрязнений в сточных водах**

| Загрязняющие вещества | Диапазоны загрязненности сточных вод | | |
|---|---|---|---|
| | Низко концентрированные сточные воды | Средне концентрированные сточные воды | Высоко концентрированные сточные воды |
| $БПК_5$ | менее 130 | (130–230) | свыше 230 |
| ХПК | менее 300 | (300–600) | свыше 600 |
| Аммонийный азот | менее 25 | (25–35) | свыше 35 |

По данным табл. 2, сточные воды, поступающие на очистку, можно считать средне концентрированными по таким показателям, как: $БПК_5$; ХПК; ион аммония.

Таким образом, концентрация фосфат-иона в процессе очистки снижается в 4 раза, а аммоний-иона – почти в 10 раз. Однако в сбрасываемых в водоем очищенных стоках увеличена концентрация нитрат-иона (более, чем в 100 раз по сравнению с концентрацией в поступающих на станцию неочищенных стоках). Это может быть обусловлено процессами нитрификации, в результате которых азот аммонийный превращается в азот нитратов.

Наглядно эту трансформацию азота из одного соединения в другое можно наблюдать на рис. 2.




1 - вода на входе; 2 - осветленная вода I очереди; 3 - очищенная вода I очереди, 4 - выпуск в водоем

Рис. 2. Изменение концентрации соединений фосфора и азота на разных этапах очистки сточных вод на Нижегородской станции аэрации (на примере сооружений I очереди)

В случае стабильного функционирования сооружений нитри-денитрификации эта проблема, скорее всего, будет решена, так как денитрифицирующие бактерии восстанавливают азот нитратов до свободного азота, который удаляется в атмосферу. Следовательно, в пробах воды на выпуске в водоем концентрация азота нитратов значительно уменьшится.

По характеристике фильтрата, после механического обезвоживания осадка сточных вод, представленной в табл. 3, и по данным табл. 2 можно судить о степени его загрязнения. Фильтрат в таком случае является высококонцентрированным по показателю аммоний-ион. В связи с этим даже с учетом разбавления основным потоком сточных вод обеспечивается дополнительная нагрузка на очистные сооружения.

Таблица 3

**Результат количественного анализа сточных вод (место отбора проб: канал дренажных вод на участке механического обезвоживания осадка)**

| Показатель | Фильтрат | |
|---|---|---|
| | Результат | Погрешность |
| Взвешенные вещества, мг/дм$^3$ | 140 | ±10 |
| Сухой остаток, мг/дм$^3$ | 566 | ±51 |
| ХПК, мг/дм$^3$ | 256 | ±51 |
| БПК$_5$ мгО$_2$/дм$^3$ | 42,5 | ±6,0 |
| Ион-аммония, мг/дм$^3$ | 213 | ±51 |
| Нитрит-ион, мг/дм$^3$ | 0,128 | ±0,018 |
| Нитрат-ион, мг/дм$^3$ | 2,62 | ±0,78 |

Установлено, что в возврат иловых вод в голову очистных сооружений увеличивает нагрузку на них по взвешенным веществам, азоту и фосфору, что способствует недостаточно эффективной очистке сточных вод.

Установлено, что на рассматриваемых очистных сооружениях местом образования наиболее высококонцентрированных по азоту и фосфору возвратных потоков является участок механического обезвоживания осадка.

Таким образом, нерешенной остается задача очистки от фосфора и азота высококонцентрированных возвратных потоков, таких, например, как иловая вода после сбраживания осадка в метантенках или фильтрат после обезвоживания осадка.

Для локальной очистки возвратных потоков на станции аэрации можно применить методы реагентного осаждения фосфора, а также частичную денитрификацию и аннамокс для удаления азота. Именно эти технологии в перспективе могут позволить решить проблему увеличения нагрузки на очистные сооружения по фосфору и азоту от возвратных потоков.

Для подбора наиболее эффективного метода необходимо провести соответствующие расчеты и технико-экономическое обоснование.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник 2021 / редактор М. М. Трофимчук. – Ростов-на-Дону : Гидрохимический институт : Росгидромет, 2022. – URL: https://gidrohim.com/node/2796. – Текст : электронный.

2. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник 2022 / редактор М. М. Трофимчук. – Ростов-на-Дону : Гидрохимический институт : Росгидромет, 2023. – URL: https://gidrohim.com/node/2803. – Текст : электронный.

3. Окружающая среда. Водные ресурсы. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : сайт. – URL: https://www.gks.ru/folder/11194.

4. Аннамокс-бактерии в природе и экобиотехнологии : монография / А. Н. Ножевникова, Ю. В. Литти, Е. А. Бочкова, Г. М. Зубов ; под редакцией А. Н. Ножевниковой. – Москва : Университетская книга, 2017. – 280 с. : ил. – ISBN 978-5-98699-241-9. – Текст : непосредственный.

5. Матюшенко, Е. Н. Удаление фосфора из возвратных потоков площадки очистных сооружений канализации / Е. Н. Матюшенко. – Текст : непосредственный // Вода и экология : проблемы и решения. – Новосибирск, 2019. – № 2 (78). – С. 40–49.

**VASILEV Aleksey Lvovich[1], doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; GUSEYNOVA Sayad Mukhtarovna[1], senior teacher of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; LUKOV Sergey Aleksanrovich[2], chief engineer; BOROVKOVA Tatyana Leonidovna[2], leading process engineer**

## ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL TREATMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER FROM NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-87;
e-mail: k_viv@nngasu.ru
[2]JSC "Nizhny Novgorod Vodokanal".
15A, Kerchenskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: (831) 246-99-77;
e-mail: info@vodokanal-nn.ru
*Key words:* wastewater, biological treatment, silt water, return water, fugate, filtrate, biogenic substances.

*The article discusses the problem of contamination of water bodies by waste waters; analysis of the efficiency of biological treatment of urban wastewater was carried out and the main sources of saturation of wastewater of the on-site sewage system with biogenic elements were identified; the most promising methods of cleaning return flows are considered.*

REFERENCES

1. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii [Quality of surface waters of the Russian Federation]. Ezhegodnik 2021 / red. M. M. Trofimchuk. – Rostov-on-Don, Gidrokhimicheskiy institute, Rosgidromet. – 2022. – URL: https://gidrohim.com/node/2796.

2. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii [Quality of surface waters of the Russian Federation]. Ezhegodnik 2022 / red. M. M. Trofimchuk. – Rostov-on-Don, Gidrokhimicheskiy institute, Rosgidromet. – 2023. – URL: https://gidrohim.com/node/2803.

3. Okruzhayushchaya sreda. Vodnye resursy [The environment. Water resources]. Federalnaya sluzhba gos. statistiki : sayt. – URL:https://www.gks.ru/folder/11194. – Tekst: elektronnyj.

4. Nozhevnikova A. N., Litti Yu.V., Bochkova E. A., Zubov G. M. Annamoks-bakterii v prirode i ekobiotekhnologii [Annamox bacteria in nature and ecobiotechnology] :

monografiya ; pod red. A. N. Nozhevnikovoy. – Moscow : Universitetskaya kniga, 2017. – 280 p.; il. – ISBN 978-5-98699-241-9.

5. Matyushenko E. N. Udalenie fosfora iz vozvratnykh potokov ploshchadki ochistnykh sooruzheniy kanalizatsii [Removal of phosphorus from return flows of the sewage treatment plant site]/ Voda i ekologiya: problemy i resheniya [Water and ecology: problems and solutions]. – Novosibirsk, 2019. – № 2 (78). – P. 40–49.

**© А. Л. Васильев, С. М. Гусейнова, С. А. Луков, Т. Л. Боровкова, 2024**
Получено: 01.02.2024 г.

**УДК 627.8**

**М. И. БАЛЬЗАННИКОВ, д-р техн. наук, проф.**

# ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗАТВОРОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет»
Россия, 443090, г. Самара, ул. Советской Армии, д. 141; эл. почта: mibsgasu@mail.ru
*Ключевые слова:* гидротехническое сооружение, затвор гидротехнического сооружения, конструкция затвора, элементы затвора, совершенствование конструкции затвора.

*В результате анализа методов совершенствования затворов гидротехнических сооружений выделены инновационные подходы: повышение самоуправляемости, использование вещественных ресурсов, применение полей и комбинированные методы. Приведены конкретные примеры. Предложенная систематизация технических решений позволит обеспечить целенаправленный подход при создании затворов гидротехнических сооружений и при решении задач повышения технико-экономических показателей, надежности и эффективности применения затворов.*

В настоящее время в России и других странах мира весьма остро стоит вопрос повышения надежности гидротехнических сооружений и обеспечения их безопасной эксплуатации.

Важнейшим сооружением, создающим перепад уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидротехнического узла, является, безусловно, глухая плотина, которая сооружается чаще всего бетонной или каменно-набросной, а также водосливная плотина. При этом механическим оборудованием, регулирующим уровень воды в водохранилище, и напор на сооружение – затворы с их обслуживающими механизмами [1, 2].

Особенности работы гидротехнических затворов, требования, предъявляемые к ним, а также их конструктивное исполнение отражены в работах [3, 4]. С целью повышения надежности и экономичности работы затворов постоянно разрабатываются технические решения по их совершенствованию [5–9]. В публикации автора [10] на основании анализа запатентованных устройств плоских затворов гидротехнических сооружений представлены основные направления их совершенствования. Обозначены четыре наиболее распространенных направления улучшения конструкции затворов: 1) разработка эффективных геометрических форм затворов; 2) разработка новых конструкций вспомогательных элементов затворных устройств; 3) повышение степени динамичности конструктивных элементов затвора; 4) дробление конструкции, применение многократно повторяющихся элементов, измельчение конструктивных частей (рис. 1). Подробные примеры и описание разработанных технических решений приведены в [10].

Рис. 1. Основные направления совершенствования затворов гидротехнических сооружений

В такой систематизации отражен, своего рода, механистический подход, поскольку именно с технических позиций чаще всего и подходят разработчики и исследователи к задачам улучшения эксплуатационных характеристик таких сложных технических систем, как затворы гидротехнических сооружений. И именно поэтому рассмотренные направления обозначены как основные.

Вместе с тем в последние годы во всех сферах жизнедеятельности нашего общества активно внедряются автоматизированные технологии, интеллектуальные системы, «умные» устройства, которые поднимают уровень развития техники на совершенно иную более высокую ступень. Не обошел этот процесс и сферу гидротехнического строительства в том числе, и рассматриваемую нами область – механические запорные устройства для сброса воды через гидротехнические сооружения. Новые инновационные разработки конструкций гидротехнических затворов можно отнести к высокоинтеллектуальным направлениям.

Объектом исследования настоящей работы являются поверхностные и глубинные затворы гидротехнических сооружений. Предмет исследования – методы совершенствования конструкций затворов гидротехнических сооружений.

Цель исследования – выполнение анализа инновационных технических решений по совершенствованию конструкций затворов гидротехнических сооружений, обобщение этих решений и разработка общих типологических подходов в объективно применяемых инновационных методах повышения эффективности создания и эксплуатации этих весьма ответственных гидротехнических устройств.

Наиболее эффективными и востребованными высокоинтеллектуальными решениями, на наш взгляд, являются разработки, обеспечивающие автоматическую работу технических систем при отсутствии целевого специального управляющего воздействия на работу затвора со стороны обслуживающего персонала или электро- или механического сигналов. Это направление можно обозначить как *повышение или обеспечение самоуправляемости технических систем для выполнения своих функций в условиях изменяющейся внешней среды*. В них обычно используются сами изменяющиеся условия в качестве приводных механизмов для подвижных элементов.

Примером такого решения может служить простейшая конструкция [11], схема которой приведена на рис. 2. В ней регулирующий щит предложено выполнить наклонным с внутренней полостью и шарнирно закрепить его между

бычками плотины на горизонтальной оси с возможностью поворота в сторону нижнего бьефа. Если уровень воды в водоеме повысится сверх нормального подпорного значения, то щит в автоматическом режиме наклонится в сторону нижнего бьефа и произойдет сброс излишков воды. Если уровень воды понизится, то щит автоматически займет исходное положение. Здесь в качестве изменяющейся внешней среды выступает давление воды, воздействующее на поворотный щит, которое увеличивается или уменьшается при изменении уровня воды в верхнем бьефе.

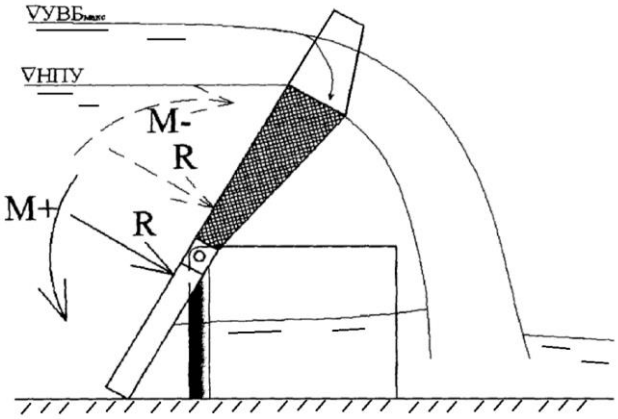



Рис. 2. Автоматический вододействующий затвор [11]

Также автоматически работает затвор гидротехнического сооружение, представленный в [12]. В нем затвор предложено выполнить в виде плоской пролетной конструкции 1 с полой герметичной полостью и возможностью вертикального перемещения по боковым направляющим (рис. 3). При расчетном уровне воды в водоеме щит затвора закрывает водосбросное отверстие и сброса воды не производится. Однако, при повышении уровня воды герметичная полость как поплавок, начинает подниматься и, тем самым, открывать водопропускную щель. Из-за этого начинается автоматический сброс воды. При снижении уровня воды пролет затвора 1 полостью занимает исходное положение и сброс воды прекратится.

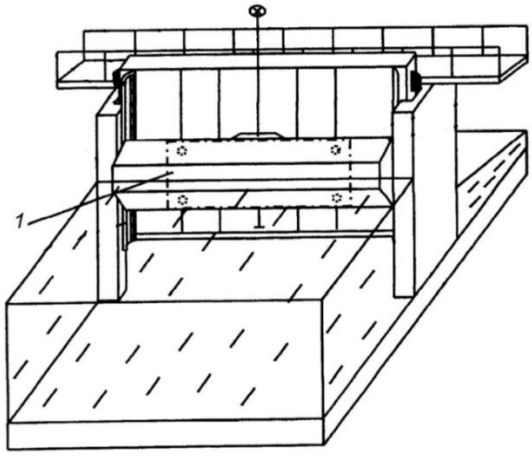



Рис. 3. Авторегулятор уровня воды верхнего бьефа [12]

Другое направление инновационных разработок, касающихся конструкций затворов гидротехнических сооружений, можно назвать как *использование отличных от обычной воды веществ или вещественных ресурсов, при использовании которых повышается эффективность функционирования затворов или устраняется какое-либо негативное явление*. В качестве таких веществ могут применяться либо дешевое и доступное в неограниченном количестве вещество, например, воздух (газ) или воздухо-водяная смесь, либо малые количества специальных вещественных ресурсов, например, смазочные материалы типа масел или графита, или высокомолекулярные составы, а также наноматериалы, и т. п.

Наиболее часто используется воздух, обычно заключенный в некоторый объем, давление в котором отличается от атмосферного.

Типичным примером этого направления является гидротехнический затвор [13]. Пролетное строение такого поверхностного затвора предложено выполнить пустотелым в виде понтона, одна сторона которого при помощи шарнирного соединения прикреплена к фундаменту (рис. 4). В исходном состоянии полость понтона заполнена водой и размещается горизонтально в нише фундамента сооружения. Для перекрытия потока в отсеки понтона подается воздух под давлением, из-за чего вода вытесняется и, всплывая, понтон поворачивается относительно шарнирного устройства, что позволяет ему занять близкое к вертикальному положение и перекрыть водный поток.

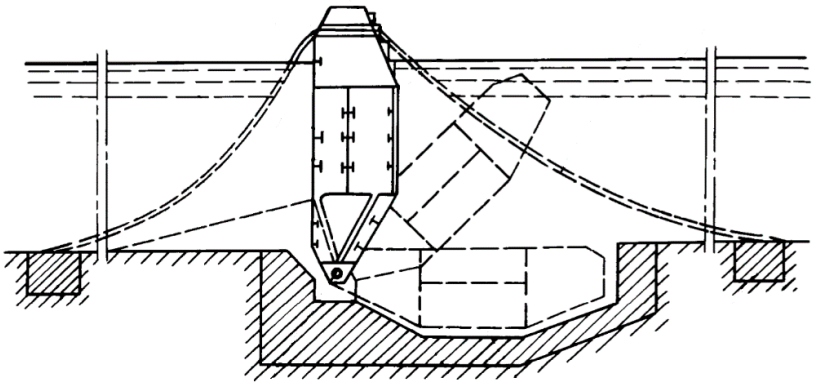


Рис. 4. Гидротехнический затвор [13]

Подобная система заграждений реализована на комплексе гидротехнических сооружений для защиты Венеции от затопления морскими водами [14].

Конструктивное решение для глубинного затвора с полостью, заполненной воздухом, описаны в [15]. В этой разработке входное отверстие напорного водовода (*1)* перекрывается пустотелым поплавочным устройством (*2)*, заполненным воздухом. При этом управление процедурой закрытия и открытия входного отверстия осуществляется посредством тяг (рис. 5).

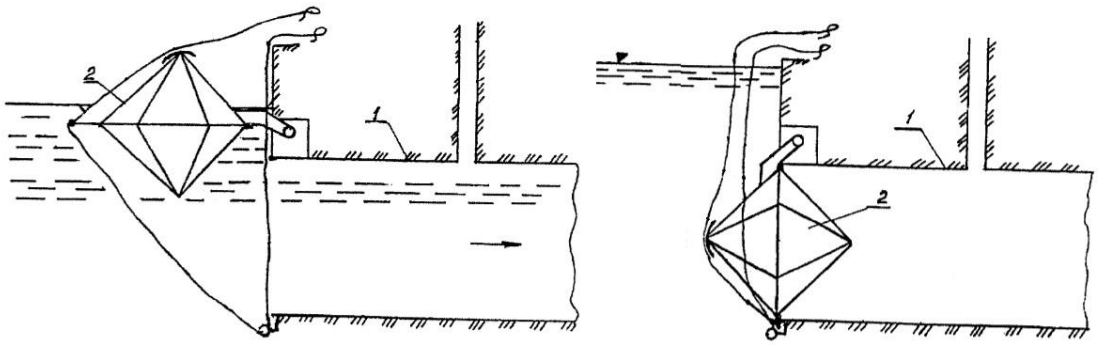



Рис. 5. Глубинный межбьефный затвор [15]

В [16] в качестве вещественного ресурса предложено использовать жидкость специального состава, температура замерзания которой ниже нижней границы температуры окружающей среды при эксплуатации гидротехнического затвора. Такая жидкость подается из расширительного резервуара в камеру уплотняющего элемента, размещенного между обшивкой затвора и закладными элементами. За счет камеры с незамерзающей жидкостью исключается опасность потери эластичности уплотнения и примерзания затвора, и, следовательно, обеспечивается нормальная эксплуатация затвора при отрицательных температурах воздуха.

Потребность в предотвращении воздействия негативных факторов при низких температурах вызвала разработку многочисленных технических решений. В частности, в [17] обозначены мероприятия для обеспечения нормальной эксплуатации затворов в зимний период:

а) периодический выпуск в воду из размешенных в глубине труб воздушных струй с целью недопущения примерзания льда к обшивке затвора;

б) обогрев опорно-ходовых частей затворов пропуском по трубам горячей воды или масла, либо использование электрического тока.

Перспективным решением может стать использование такого ресурса, как электрический ток, совместно с композиционным резистивным саморегулирующимся нагревательным материалом на основе битума [18]. Материал предложено составить из токопроводящей фазы, битумного вяжущего и мелкодисперсной минеральной добавки (рис. 6). Такой состав обладает свойством саморегуляции в зоне положительных температур, прост в изготовлении и экономичен при расходовании электроэнергии [19].

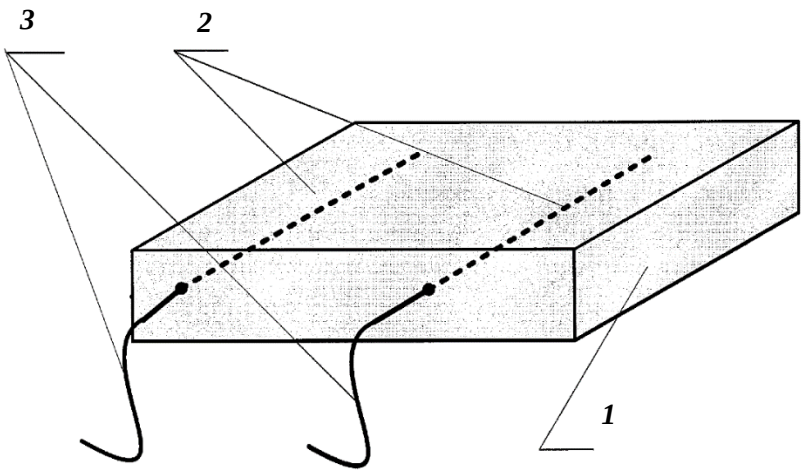



Рис. 6. Конструкция нагревателя: *1* – корпус композиционного электропроводящего материала; *2* – электроды; *3* – токоподводы

Следующее направление инновационных разработок по совершенствованию затворов гидротехнических сооружений можно обозначить как *использование при эксплуатации конструкций затворов полей: гравитационного, механического, теплового, электрического, магнитного, электромагнитного, электростатического и т. п.* Это очень перспективное направление с огромными возможностями. С помощью полей можно и менять геометрические параметры элементов конструкции, и управлять этими элементами, и воздействовать на прилегающую к ним окружающую среду.

Простейшим и самым распространенным примером этого направления является использование гравитационного поля ремонтными затворами. Имеется в виду опускание вертикального затвора в пазах водопропускного отверстия под действием собственного веса. Здесь гравитационное поле действует как приводной механизм для обеспечения перекрытия водосброса.

Способ усиления воздействия гравитационного поля описан в затворе напорного водовода [20]. В этой конструкции затворное устройство снабжено поперечными пригрузочными пластинами, закрепленными на напорной стороне затвора. Эти пластины добавляют массу затвору, а также за счет своего наклона воспринимают нормальную составляющую силы давления воды, что обеспечивает скорейшее опускание затвора (рис. 7).

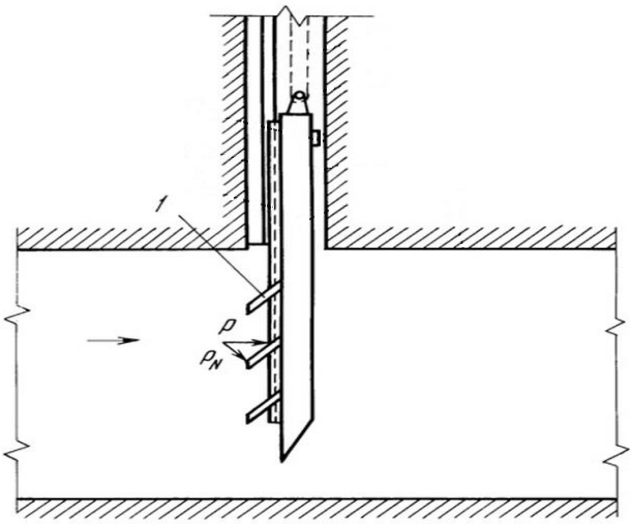



Рис. 7. Затворное устройство напорного водовода: *1* – поперечные пригрузочные пластины [20]

Большая перспективность использования электромагнитных полей следует из результатов исследований по управлению физическими свойствами металлов и сплавов с помощью электрического и магнитного полей, приведенных в [21]. В работе показано, что при кристаллизации под действием постоянного электрического тока происходят структурные изменения в сплавах, что приводит к увеличению твердости и плотности материала. Автором предложен конкретный способ управления процессом формирования фасонных отливок, который также может быть использован и для конструктивных элементов механического оборудования. Способ позволяет управлять агрегатным состоянием изделия, что обуславливает уменьшение неоднородности материала и улучшение его физико-механических свойств [22].

На рис. 8 в дополнение к основным направлениям, представленным выше на рис. 1, приведена классификация рассмотренных дополнительных инновационных высокоинтеллектуальных методов совершенствования затворов гидротехнических сооружений. На диаграмме указаны также комбинированные методы. Эти методы касаются таких технических решений, в которых совместно используются несколько разных подходов.

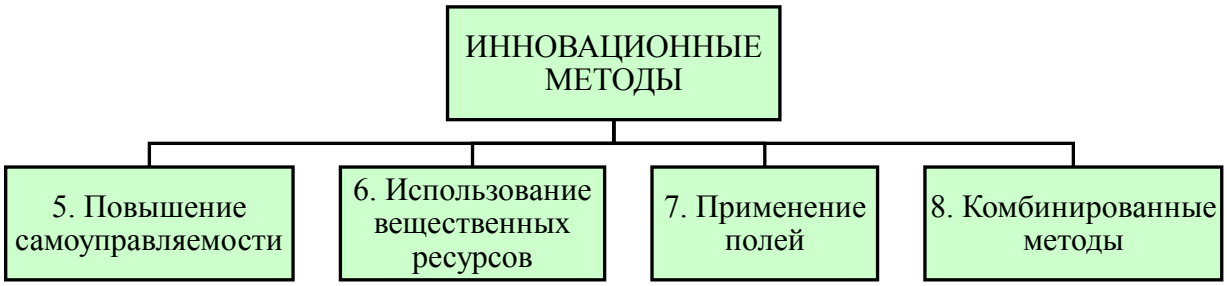



Рис. 8. Инновационные методы совершенствования затворов гидротехнических сооружений

Примером комбинированного метода использования разнотипных подходов может служить затвор для туннеля [23]. В этой конструкции предусмотрена специальная ниша, в которой на барабане в виде рулона хранится полотно затвора, выполненное в виде гибкого двухслойного полотна (рис. 9).

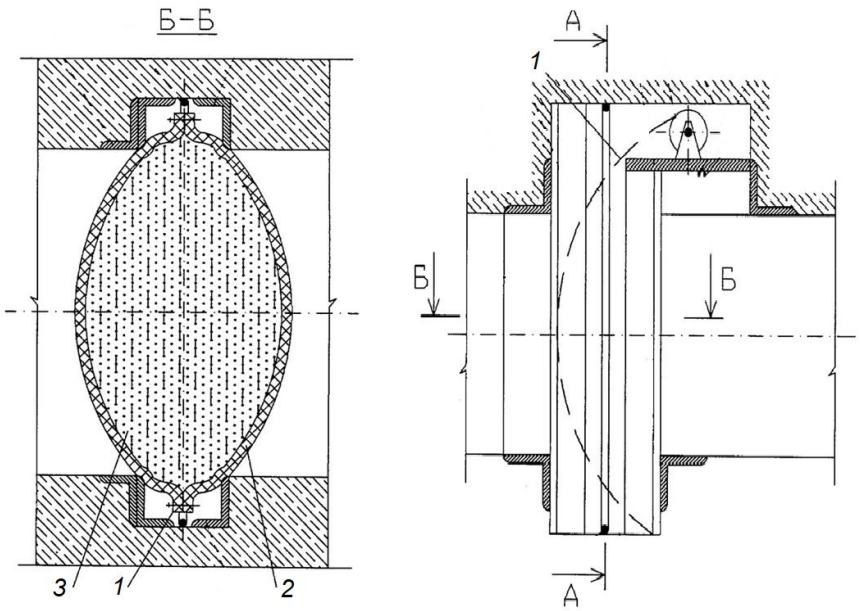



Рис. 9. Затвор туннеля: *1* – полотно затвора; *2* – оболочка полотна; *3* – полость оболочки [23]

При необходимости перекрытия туннеля полотно *1* затвора опускается по направляющим в рабочее положение. Далее, в полость *3* между оболочками *2* полотна закачивается ферромагнитная жидкость. После этого включается соленоид, магнитное поле которого мгновенно воздействует на ферромагнитную жидкость. В результате такая жидкость изменяет свое агрегатное состояние до твердого, и, следовательно, полотно с внутренним содержимым превращается в прочную систему, способную воспринимать внешнее воздействие.

В последнем приведенном примере, как видим, применяются и такие основные методы совершенствования, как новые эффективные формы (форма полотна затвора) и дробление конструкции (выполнение полотна затвора из замкнутых гибких оболочек), а также инновационные подходы – использование магнитного поля.

Рассмотренные методы совершенствования обеспечивают получение различных технологических, экологических, экономических и др. эффектов при создании и эксплуатации затворов гидротехнических сооружений в различных, порой изменяющихся условиях. Это является упрощением эксплуатации, ведет к уменьшению количества технологических операций, повышению точности регулирования сбрасываемого расхода воды и сокращению непроизводительных сбросов воды, повышению надежности срабатывания подвижных элементов затвора, в том числе в зимний период, а также повышению устойчивости конструкции к перекосам, снижению материалоемкости и удешевлению конструкции в целом и т. д.

Таким образом, приведенная систематизация методов совершенствования затворов гидротехнических сооружений и представление их в виде типологии инновационных решений, на наш взгляд, обеспечит системный подход при конструировании рассмотренных сложных систем, а также позволит исследователям и разработчикам конструкций затворов целенаправленно подходить к задачам повышения технико-экономических показателей, надежности при эксплуатации и эффективности применения затворов.

Следует отметить, что сформулированные методы можно считать универсальными и рекомендовать для разработки усовершенствованных конструкций любых других сложных технических устройств.

**Выводы:**

1. Важнейшим механическим оборудованием гидротехнических сооружений являются затворы. Эти сложные устройства эксплуатируются в различных сложных условиях и практически все они характеризуются своей уникальностью. С целью улучшения эксплуатационных свойств затворов, повышения надежности и экономической эффективности конструкции затворов постоянно совершенствуются.

2. С целью систематизации методов совершенствования затворов целесообразно, наряду с основными направлениями совершенствования, к которым относятся: 1) разработка эффективных геометрических форм основных элементов затворов; 2) разработка эффективных конструкций дополнительных (вспомогательных) элементов затворных устройств; 3) повышение степени динамичности конструктивных элементов затвора и 4) дробление конструкции, дополнительно выделить инновационные подходы: 5) повышение или обеспечение самоуправляемости затвора; 6) использование веществ или вещественных ресурсов; 7) применение при эксплуатации затворов полей; 8) комбинированные методы.

3. Систематизация методов совершенствования конструкций затворов гидротехнических сооружений позволит обеспечить целенаправленный подход при конструировании рассмотренных сложных систем и решении задач повышения технико-экономических показателей, надежности и эффективности применения затворов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидротехнические сооружения / Л. Н. Рассказов, А. С. Бестужева, В. В. Малаханов [и др.]. – Москва : АСВ, 2011. – 578 с. – ISBN: 978-5-93093-593-6. – Текст : непосредственный.

2. Механическое оборудование гидротехнических сооружений : в 2-х книгах / Г. А. Полонский, Е. С. Любашевский, Б. А. Николаев, А. Р. Фрейшист. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1993. – 253 с. – ISBN 5-283-01241-7. – Текст : непосредственный.

3. Васильев, Ю. С. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций : справочное пособие в 2-х томах. Том 2. Вспомогательное оборудование гидроэлектростанций / Ю. С. Васильев, Д. С. Щавелев. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 336 с. – ISBN 5-283-01988-8. – Текст : непосредственный.

4. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций сооружений Жигулёвской ГЭС / М. И. Бальзанников, В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева, В. А. Хуртин. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2013. – № 6. – С. 21–27.

5. Козинец, Г. Л. Оптимизация конструкций ригелей переменного профиля гидротехнических затворов / Г. Л. Козинец. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 3. – С. 42–46.

6. Бухарцев, В. Н. Нетрадиционный подход к конструированию и расчету затворов гидротехнических сооружений / В. Н. Бухарцев. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 5. – С. 45–50.

7. Селезнев, В. А. Полимерные композитные затворы и задвижки для гидротехнических сооружений / В. А. Селезнев, В. В. Богачев, Ф. Н. Улиткин. – Текст : непосредственный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2021. – № 6 (269). – С. 27–35.

8. Некоторые вопросы разработки и совершенствования механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений / С. В. Леенсон, Д. А. Степанов, А. А. Малеин [и др.]. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2005. – № 10. – С. 47–55.

9. Патент № 2604494 Российская Федерация. Ригель плоского поверхностного затвора : бюл. № 34 : заявл. 18.05.2015 : опубл. 10.12.2016 / Бальзанников М. И., Лукин А. О., Ильдияров Е. В., Литиков А. П. – Текст : непосредственный.

10. Бальзанников, М. И. Основные методы совершенствования конструкций затворов гидротехнических сооружений // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2018. – № 12. – С. 94–108.

11. Патент № 2278922 Российская Федерация. Автоматический вододействующий затвор : бюл. № 18 : заявл. 27.06.2005 : опубл. 27.06.2006 / Родионов В. Б., Онипченко Г. Ф., Зюзин А. Г. – Текст : непосредственный.

12. Патент № 2486311 Российская Федерация. Авторегулятор уровня воды верхнего бьефа : бюл. № 18 : заявл. 13.04.2011 : опубл. 27.06.2013 / Захарченко Н. В., Тищенко А. И. – Текст : непосредственный.

13. Патент № 2040634 Российская Федерация. Гидротехнический затвор : заявл. 23.02.90 : опубл. 25.07.95 / Певзнер, Л. Б., Севенард Ю. К., Мищенко С. М., Кузнецов В. Б. – Текст : непосредственный.

14. Бальзанников, М. И. Возведение гидротехнических сооружений для защиты территории города от затопления морскими водами / М. И. Бальзанников, А. А. Михасек. – Текст : непосредственный // Научное обозрение. – 2014. – № 7-2. – С. 612–619.

15. Патент № 2593265 Российская Федерация. Глубинный межбьефный затвор : бюл. № 22 : заявл. 27.04.2015 : опубл. 10.08.2016 / Мажайский Ю. А., Разуванов Г. Р., Биленко В. А., Голубенко М. И. – Текст : непосредственный.

16. Патент № 2272099 Российская Федерация. Способ герметизации отверстий гидротехнических сооружений : бюл. № 8 : заявл. 20.07.2004 : опубл. 20.03.2006 / Рейм В. И. – Текст : непосредственный.

17. Торопов, М. К. Обогрев затворов водозаборного сооружения Кочкорской ГЭС / М. К. Торопов, Е. В. Лозовая, О. Н. Клепачева. – Текст : непосредственный // Вестник КРСУ. – 2005. – Том 5. – № 7. – С. 135–138.

18. Патент № 2237302 Российская Федерация. Композиционный резистивный саморегулирующийся нагревательный материал : заявл. 08.07.2002 : опубл. 27.09.2004 / Бакановичус С. А., Бакановичус Н. С. – Текст : непосредственный.

19. Бакановичус, Н. С. Исследование теплофизических свойств БИТЭЛ для систем обогрева механического оборудования ГЭС / Н. С. Бакановичус, И. Н. Шаталина, И. Е. Григорьев. – Текст : непосредственный // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. – 2011. – Том 262. – С. 82–90.

20. Патент № 2062319 Российская Федерация. Аварийное затворное устройство напорного водовода : заявл. 01.03.1994 : опубл. 20.06.1996 / Бутин В. П. – Текст : непосредственный.

21. Тимченко, С. Л. Управление физическими свойствами металлов и сплавов с помощью электрического и магнитного полей : специальность 1.3.8. : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Тимченко Светлана Леонидовна ; Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана. – Москва, 2021. – 32 с. – Текст : непосредственный.

22. Патент № 2220816 Российская Федерация. Способ управления процессом формирования фасонных отливок : заявл. 02.07.2001 : опубл. 10.01.04 / Задорожный Н. А., Макеев В. П., Рыбкин В. А., Сидоренков В. В., Тимченко С. Л. – Текст : непосредственный.

23. Патент № 2459961 Российская Федерация. Защитный затвор подземного сооружения : заявл. 04.04.2011 : опубл. 27.08.2012 / Кривенко А. А., Зайцев С. В., Стратийчук Н. Н., Жидкова Т. В, Котусова Е. В., Борисов Б. А., Майков А. Ю., Галушкин В. В., Сидорова Е. В. – Текст : непосредственный.

**BALZANNIKOV Mikhail Ivanovich, doctor of technical sciences, professor**

## INNOVATIVE METHODS OF IMPROVING GATES OF HYDRAULIC STRUCTURES

Samara State University of Economics
141, Sovetskaya Armiya St., Samara, 443090, Russia; e-mail: mibsgasu@mail.ru
*Key words:* hydraulic structure, hydraulic structure gate, gate design, gate elements, improvement of gate design.

*As a result of the analysis of methods for improving gates innovative approaches were identified: increasing self-control, using material resources, using fields and combined methods. Specific examples are given. The proposed systematization of technical solutions will provide a targeted approach when creating gates for hydraulic structures and when solving problems of increasing the technical and economic indicators, reliability and efficiency of gates' usage.*

REFERENCES

1. Rasskazov L. N., Bestuzheva A. S., Malakhanov V. V., et al. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya [Hydraulic structures]. – Moscow : ASV, 2011. – 578 p. – ISBN: 978-5-93093-593-6.

2. Polonsky G. A., Lyubashevsky E. S., Nikolaev B. A., Freyshist A.R. Mekhanicheskoe oborudovanie gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Mechanical equipment of hydraulic structures]. 4-e izd., pererab. dop. – Moscow : Energoatomizdat, 1993. – 253 p. – ISBN 5-283-01241-7.

3. Vasilev Yu. S., Shchavelev D. S. Gidroenergeticheskoe i vspomogatelnoe oborudovanie gidroelektrostantsiy [Hydropower and auxiliary equipment of hydroelectric power plants] : spravoch. posobie v 2-kh tomakh. Tom 2. Vspomogatelnoe oborudovanie gidroelektrostantsiy [Auxiliary equipment for hydroelectric power stations]. – Moscow : Energoatomizdat. 1990. – 336 p. – ISBN 5-283-01988-8.

4. Balzannikov M. I., Zubkov V. A., Kondrateva N. V., Khurtin V. A. Kompleksnoe obsledovanie tekhnicheskogo sostoyaniya stroitelnykh konstruktsiy sooruzheniy Zhigulyovskoy GES [Comprehensive inspection of the technical condition of building structures of the Zhigulevskaya HPP. Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydrotechnical construction]. – 2013. – № 6. – P. 21–27.

5. Kozinets G. L. Optimizatsiya konstruktsiy rigeley peremennogo profilya gidrotekhnicheskikh zatvorov [Optimization of crossbar designs of variable profile hydraulic

valves / Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydrotechnical construction]. – 2007. – № 3. – P. 42–46.

6. Bukhartsev V. N. Netraditsionny podkhod k konstruirovaniyu i raschyotu zatvorov gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Non-traditional approach to the design and calculation of valves of hydraulic structures] / Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydrotechnical construction]. – 2007. – № 5. – P. 45–50.

7. Seleznev V. A., Bogachyov V. V., Ulitkin F. N. Polimernye kompozitnye zatvory i zadvizhki dlya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Polymer composite gates and valves for hydraulic structures] / Stroitelnye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka [Construction materials, equipment, technologies of the XXI century]. – 2021. – № 6 (269). – P. 27–35.

8. Leenson S. V., Stepanov D. A., Malein A. A., et al. Nekotorye voprosy razrabotki i sovershenstvovaniya mekhanicheskogo oborudovaniya i sppetsialnykh stalnykh konstruktsiy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Some issues of development and improvement of mechanical equipment and special steel structures of hydraulic structures] / Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydrotechnical construction]. – 2005. – № 10. – P. 47–55.

9. Patent No. 2604494 Russian Federation. Rigel ploskogo poverkhnostnogo zatvora [Crossbar of a flat surface shutter] / Balzannikov M. I., Lukin A. O., Ildiyarov E. V., Litikov A. P. Zayavl. 05/18/2015; opubl. 12/10/2016. Bull. № 34.

10. Balzannikov M. I. Osnovnye metody sovershenstvovaniya konstruktsiy zatvorov gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Basic methods for improving the designs of valves for hydraulic structures] / Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo [News of higher educational institutions. Construction]. 2018. № 12. P. 94–108.

11. Patent No. 2278922 Russian Federation. Avtomaticheskiy vododeystvuyushchiy zatvor [Automatic water-acting shutter] / Rodionov V. B., Onipchenko G. F., Zyuzin A. G. Zayavl. 06/27/2005, opubl. 06/27/2006, bull. № 18.

12. Patent No. 2486311 Russian Federation. Avtoregulyator urovnya vody verkhnego befa [Automatic water level regulator of the upper pool] / Zakharchenko N. V., Tishchenko A. I. Zayavl. 04/13/2011, opubl. 06/27/2013, bull. № 18.

13. Patent No. 2040634 Russian Federation. Gidrotekhnicheskiy zatvor [Hydraulic valve] / Pevzner L. B., Sevenard Yu. K., Mishchenko S. M., Kuznetsov V. B. Zayavl. 02.23.90, opubl. 07.25.95.

14. Balzannikov M. I., Mikhasek A. A. Vozvedenie gidrotekhnicheskikh sooruzheniy dlya zashchity territorii goroda ot zatopleniya morskimi vodami [Construction of hydraulic structures to protect the city territory from flooding by sea waters] / Nauchnoe obozrenie [Scientific review]. – 2014. – № 7-2. – P. 612–619.

15. Patent No. 2593265 Russian Federation. Glubinny mezhbefny zatvor [Deep inter-beam seal] / Mazhaysky Yu. A, Razuvanov G. R., Bilenko V. A., Golubenko M. I. Zayavl. 04/27/2015, opubl. 08/10/2016, bull. № 22.

16. Patent No. 2272099 Russian Federation. Sposob germetizatsii otverstiy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Method of sealing openings of hydraulic structures / Reym V. I. Zayavl. 07/20/2004, opubl. 03/20/2006, bull. № 8.

17. Toropov M. K., Lozovaya E. V., Klepachyova O. N. Obogrev zatvorov vodozabornogo sooruzheniya Kochkorskoy GES [Heating of the gates of the water intake structure of the Kochkor hydroelectric station] / Vestnik KRSU [Herald of KRSU]. – 2005. – Vol. 5. – № 7. – P. 135–138.

18. Patent No. 2237302 Russian Federation. Kompozitsionny rezistivny samoreguliruyushchiysya nagrevatelny material [Composite resistive self-regulating heating material] / Bakanovichus S. A., Bakanovichus N. S. Zayavl. 07/08/2002, opubl. 09/27/2004.

19. Bakanovichus N. S., Shatalina I. N., Grigorev I. E. Issledovanie teplofizicheskikh svoystv BITEL dlya system obogreva mekhanicheskogo oborudovaniya GES [Study of the thermophysical properties of BITEL for heating systems of mechanical equipment of hydroelectric power stations] / Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatelskogo institute

gidrotekhniki im. B.E. Vedeneeva [News of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering named after. B.E. Vedeneev]. – 2011. – Vol. 262. – P. 82–90.

20. Patent No. 2062319 Russian Federation. Avariynoe zatvornoe ustroystvo napornogo vodovoda [Emergency shutter device of a pressure water pipeline] / Butin V. P. Zayavl. 03/01/1994, opubl. 06/20/1996.

21. Timchenko S. L. Upravlenie fizicheskimi svoystvami metallov i splavov s pomoshchyu elektricheskogo i magnitnogo poley [Control of the physical properties of metals and alloys using electric and magnetic fields] : spetsialnost 1.3.8 : avtoref. diss. …doctora tekhnich. nauk // Moskov. gos. tekhnich. un-t im. N.E. Baumana. Moscow, 2021. 32 p.

22. Patent No. 2220816 Russian Federation. Sposob upravleniya protsessom foormirovaniya fasonnykh otlivok [Method for controlling the process of forming shaped castings] / Zadorozhny N. A., Makeev V. P., Rybkin V. A., Sidorenkov V. V., Timchenko S. L. Zayavl. 07/02/2001, opubl. 01/10/04.

23. Patent No. 2459961 Russian Federation. Zashchitny zatvor podzemnogo sooruzheniya [Protective gate of an underground structure] / Krivenko A. A., Zaytsev S. V., Stratiychuk N. N., Zhidkova T. V., Kotusova E. V., Borisov B. A., Maykov A. Yu., Galushkin V. V. ., Sidorova E. V. Zayavl. 04/04/2011, opubl. 08/27/2012.

**© М. И. Бальзанников, 2024**

Получено: 01.02.2024 г.

**УДК 627.8**

**С. В. СОБОЛЬ, д-р техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений[1]; Р. В. ЧЖАН, д-р техн. наук, гл. науч. сотр.[2]**

# ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНФИГУРАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ ГЭС НА РЕКАХ СИБИРИ

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел. (831) 430-42-89; эл. почта: gs@nngasu.ru
[2] ФГБУН «Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова Сибирского отделения РАН»
Россия, 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36. Тел. 8-914-2-722-016; эл. почта: zhang@mpi.ysh.ru
*Ключевые слова:* Сибирь, ГЭС, водохранилища, береговые линии, водные зеркала, фрактальные параметры.

*Приведены первые результаты определения фрактальных размерностей береговых линий и коэффициентов плановых форм эксплуатируемых и некоторых проектируемых водохранилищ гидроэлектростанций в азиатской части России на основе топографических карт с предложением включить значения фрактальных параметров в число морфометрических показателей, поскольку они учитывают такие свойства конфигурации водохранилищ, которые невозможно учесть другими средствами.*

**Введение.** Анализ сложных геофизических систем, какими являются речные водохранилища, связан с определенными трудностями. Согласно данным натурных измерений, динамика таких систем часто облекается в универсальную форму скейлинга, когда в достаточно широком диапазоне пространственно-временных интервалов явление характеризуется свойством самоподобия. И хотя динамический отклик системы сложен, упрощающим аспектом поведения является то, что его статистические свойства описываются в некотором диапазоне параметров простыми степенными законами. Последнее обстоятельство делает актуальным применение в задачах анализа и моделирования геофизических аспектов систем методов фрактальной геометрии. Именно такой подход использован в статье: фрактальная идеология положена в основу моделирования плановой конфигурации водохранилищ [1].

**Объекты исследования.** Моделированию подвергнуты водохранилища крупных действующих ГЭС на реках в азиатской части страны, создававшихся как основа мощных территориально-производственных комплексов, которым требовалось очень значительное количество электроэнергии, а также водохранилища некоторых перспективных (проектируемых) гидроэлектростанций [2].

Официальный сайт Министерства энергетики РФ сообщил: установленная мощность электростанций в России на 1 января 2020 г. составила 246 342,65 МВт, в том числе ТЭС – 66,82 %, ГЭС – 20,24 %, АЭС – 12,31 %, остальные – 0,62 %. При этом выработка электроэнергии за 2019 г. (1080,6 млрд кВт·ч) впервые превысила показатель РСФСР образца 1991 г. (1075 млрд кВт·ч). В том числе вклад ГЭС составил 190,3 млрд кВт·ч, из них 57 % произвели

гидроэлектростанции Ангаро-Енисейского каскада. Значение ГЭС с водохранилищами для экономики России трудно переоценить.

Исследованные водохранилища перечислены в таблице соответственно их расположению от запада на восток.

В настоящей работе, направленной на определение фрактальных параметров водохранилищ, мы напрямую оперируем двумя из их морфометрических показателей: длиной береговой линии $L$ и площадью водного зеркала $F$. Согласно ГОСТ 17.1.1.02 – 77 [3], по площадям зеркала рассмотренные водохранилища относятся к категориям очень большое (>1000 км$^2$) и большое (101–1000 км$^2$). Уместно заметить, что в значениях площадей, равно как и длин береговых линий водохранилищ, в публикациях встречаются разночтения: у Новосибирского $L$ = 520–823 км, у Красноярского $L$ = 1450–1577 км и т. п. К таким данным следует относиться с осторожностью: они могут не соответствовать ни первоначальному (проектному), ни современному состоянию берегов.

**Фрактальные параметры водохранилищ. Примененные методы определения.** Термин «фрактал» (*fractal*) означает дробный, ломаный, фрагментарный. К фракталам относят геометрические объекты, имеющие изрезанную форму и демонстрирующие некоторую повторяемость (самоподобие) в широком диапазоне масштабов. Математическим выражением самоподобия выступают степенные законы $f(x) = c\cdot(x)^D$ с целочисленными или дробными постоянными $c$ и $D$. Специфической количественной характеристикой фрактального объекта является фрактальная размерность $D$ [1, 4].

У водохранилищ (замкнутых водоемов) фрактальными свойствами обладают береговая линия, площадь водного зеркала.

Береговая линия водохранилища (урез воды при НПУ) – это фрактал. Во фрактальной геометрии различные береговые линии имеют разные фрактальные размерности в диапазоне $1 < D < 2$, и величина $D$ тем больше, чем извилистее берег. Результат измерения береговой линии зависит от масштаба топографической основы и длины измерителя ε. С уменьшением ε или с укрупнением изображения длина береговой линии $L(\varepsilon)$ увеличивается теоретически до бесконечной [1, 4]. Понятно, что измерить длину береговой линии водохранилища и определить ее фрактальную размерность можно только приблизительно. В реальности из практических соображений обычно выбирают минимальный размер деталей этой линии равным порядку единицы измерения. Так, если береговая линия измеряется в километрах, то детали меньше 1 км просто не принимаются во внимание.

Для нахождения фрактальной размерности береговой линии по ее изображению в данной работе применялся метод подсчета занятых ячеек (*box-counting*) Е. Федера (клеточный метод) со следующим алгоритмом [1]:

1. План водохранилища, оконтуренный урезом НПУ, покрывается сеткой с размером ячейки ε.

2. Подсчитывается число занятых береговой линией ячеек $N(\varepsilon)$.

3. Повторяются действия 1 и 2 с увеличением размера ячейки ε от минимального до максимального.

4. Строится график зависимости $N(\varepsilon)$ в билогарифмических координатах $ln(N)$ и $ln(\varepsilon)$: у фрактала он должен быть прямой линией.

5. Оценивается наклон этого графика, который и представляет собой фрактальную размерность $D = tan\,\alpha$.

Очевидно, чем подробнее масштаб топоосновы и чем меньше размер ячейки ε, тем точнее будет результат измерения длины береговой линии $L(\varepsilon)$ и точнее определено отклонение ее фрактальной размерности $D$ от целого значения.

Водная поверхность водохранилища (зеркало воды, ограниченное урезом НПУ) считается плоской фигурой. В понятиях фрактальной геометрии теоретически береговая линия бесконечной длины ограничивает конечную площадь водного зеркала водохранилища [1, 4]. Характеристика конфигурации водохранилища в плане может быть чисто описательной, а может быть аналитической. Числовая характеристика обладает точностью, которая отсутствует в словесном описании, принятом у географов.

Плановая конфигурация водохранилища корректно характеризуется коэффициентом формы $K_F = L/F^{0,5}$, где $L$ – длина береговой линии, $F$ – площадь зеркала. Значение $K_F$ тем больше, чем сложнее конфигурация водохранилища в плане. С учетом фрактальных свойств значение коэффициента формы $K_F$ зависит от размера ε используемого эталона измерения. Для получения приемлемого результата эталон ε должен быть предельно малым и одинаковым при измерении длины береговой линии и площади водного зеркала водохранилища [4].

В нашем исследовании для вычисления коэффициентов формы водохранилищ $K_F$ площади зеркал и длины береговых линий определялись при помощи стандартных инструментов САПР “*Autocad*”.

Посредством коэффициента формы предложена [5, 6] классификация водохранилищ с выделением 4 категорий по сложности плановой конфигурации:

| Конфигурация водохранилища: | Значение $K_F$: |
|---|---|
| очень сложная | более 40 |
| сложная | от 40 до 20 |
| средней сложности | от 19 до 10 |
| простая | менее 10 |

Положение береговой линии водохранилища с течением лет изменяется вследствие переформирования берегов. Соответственно изменяются реальная длина береговой линии и площадь зеркала водохранилища [7, 8]. Поэтому значения фрактальной размерности $D$ и показателя формы $K_F$ следует связывать с определенным моментом (годом) его существования.

**Контуры водохранилищ.** Для удовлетворения первоначального интереса о значениях фрактальных размерностей береговых линий и коэффициентов плановых форм водохранилищ Сибири были использованы топографические карты масштаба 1:500 000 (в 1 см 5 км) 1983–2003 гг. выпуска, привлеченные из электронного ресурса «Карты всего мира» [9, 10]. На рис. 1–4 распечатаны плановые контуры водохранилищ, выкопированные с этих карт [11] и сгруппированные следующим образом: рис. 1 – водохранилища на реках Ангаре и Енисее (Ангаро-Енисейский каскад); рис. 2 – водохранилища на реках Урале, Оби, Мамакане, Зее, Бурее [5, 6, 11]; рис. 3 – водохранилища на реках Вилюе, Хантайке, Курейке, Колыме [12, 13], образованные в условиях вечной мерзлоты мощностью от 15–60 м в зоне Усть-Хантайского до 300–500 м в зоне Вилюйского водохранилищ, поведение котловин которых во многом схоже с развитием крупных термокарстовых озер [14].

**Показатели водохранилищ эксплуатируемых и некоторых проектируемых гидроэлектростанций на реках Сибири**

| Водохранилище, река | Годы строительства гидроузла | НПУ, м БС | Глубина наибольшая, м | Длина береговой линии $L$, км | Площадь водного зеркала $F$, км$^2$ | Фрактальная размерность береговой линии $D$ | Коэффициент плановой формы $K_F$ | Установленная мощность ГЭС, МВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Ириклинское, Урал | 1947 –1959 | 245,0 | 38 | 378 | 187 | – | 27,61 | 30 |
| Новосибирское,Обь | 1950 –1961 | 113,5 | 28 | 586 | 1183 | 1,185 | 17,06 | 650 |
| Крапивинское, Томь | 1975 –1989 строительство прекращено | 117,5 | 54 | ~530 | 612 | – | 21,51 | 300 |
| Иркутское, Ангара[1] | 1950 – 1958 | 457,0 | 1620 | 2398 | 32776 | 1,075 | 13,25 | 662 |
| Братское, Ангара | 1957 – 1967 | 402,0 | 106 | 5641 | 5377 | 1,298 | 76,93 | 4500 |
| Усть-Илимское, Ангара | 1962 – 1980 | 296,0 | 88 | 1690 | 1837 | 1,294 | 39,44 | 3840 |
| Богучанское, Ангара | 1982 – 2015 | 208,0 | 75 | 2231 | 2110 | – | 48,58 | 3000 |
| Саяно-Шушенское, Енисей | 1963 – 1983 | 540,0 | 220 | 1364 | 633 | 1,317 | 54,21 | 6400 |
| Красноярское, Енисей | 1955 – 1972 | 243,0 | 105 | 1901 | 2175 | 1,311 | 40,76 | 6000 |
| Эвенкийское[2] (Туруханское), Нижняя Тунгуска[3] | проект | 200,0 | 185 | ~6350 | 9400 | – | 65,46 | 12000 |

**Окончание**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Усть-Хантайское[2], Хантайка[3] | 1963 – 1975 | 60,0 | 62 | 1233 | 2117 | 1,276 | 26,79 | 441 |
| Курейское[2], Курейка[3] | 1975 – 1994 | 95,0 | 70 | 540 | 558 | 1,397 | 22,86 | 600 |
| Вилюйское[2] (ГЭС-I, II), Вилюй[4] | 1961 – 1976 | 245,6 (с 1985) | 75 | 2637 | 2047 | 1,365 | 58,28 | 680 (ГЭС I–II) |
| Светлинское[2], Вилюй[4] | 1983 – 2008 | 181,0 | 36 | 284 | 104 | – | 27,84 | 360 |
| Мамаканское[2], Мамакан[5] | 1956 – 1962 | 315,0 | ~45 | 45,32 | 10,82 | – | 13,77 | 100 |
| Мокское[2], Витим[4] | проект | 600,0 | 98 | 880 | 570 | – | 36,86 | 1200 |
| Канкунское [2], Тимптон[6] | проект | 608,0 | 220 | ~600 | 210 | – | 41,40 | 1000 |
| Зейское, Зея[7] | 1964 – 1978 | 315,0 | 97 | 1868 | 2626 | 1,347 | 36,46 | 1330 |
| Бурейская, Бурея[7] | 1983 – 2009 | 256,0 | 124 | ~670 | 740 | – | 26,60 | 2010 |
| Колымское,[2] Колыма | 1970 – 1991 | 451,5 (с 2000) | 110 | 487 | 454 | 1,320 | 22,89 | 900 |
| Усть-Среднеканское[2], Колыма | 1991 – 2017 | 290,0 | 58 | 250 | 265 | – | 15,36 | 570 |
| Амгуэмское[2], Амгуэма | проект (1976) | 140,0 | 70 | ~255 | 795 | – | 9,05 | 300 |

Примечания:
[1] включая оз. Байкал, уровень которого был поднят на 1 м;
[2] расположено в области вечной мерзлоты;
[3] приток р. Енисея;
[4] приток р. Лены;
[5] приток р. Витима, впадающего в р. Лену;
[6] приток р. Алдана, впадающего в р. Лену;
[7] приток р. Амура

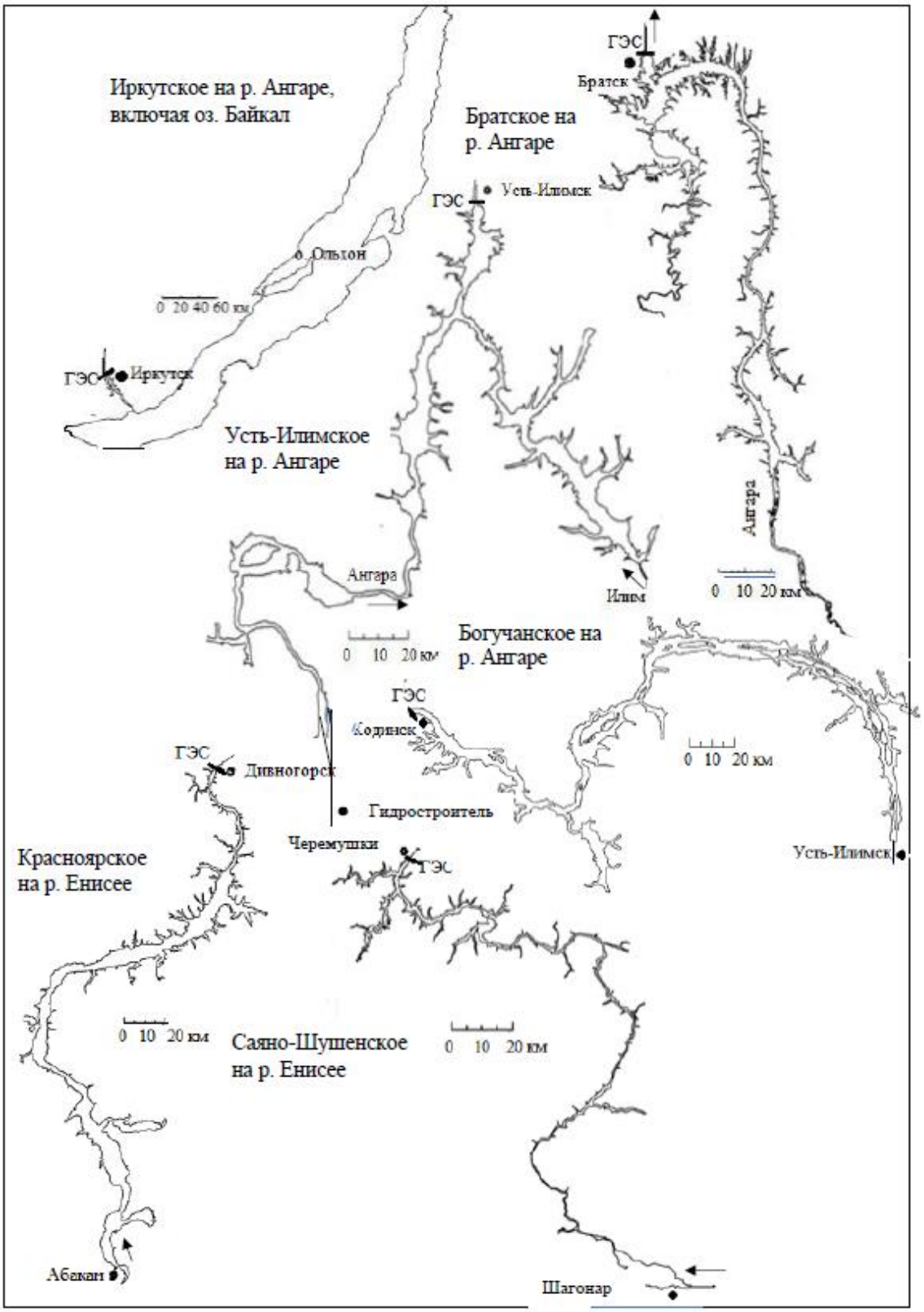



Рис. 1. Плановые контуры водохранилищ эксплуатируемых ГЭС на реках Ангаре и Енисее (Ангаро-Енисейский каскад)

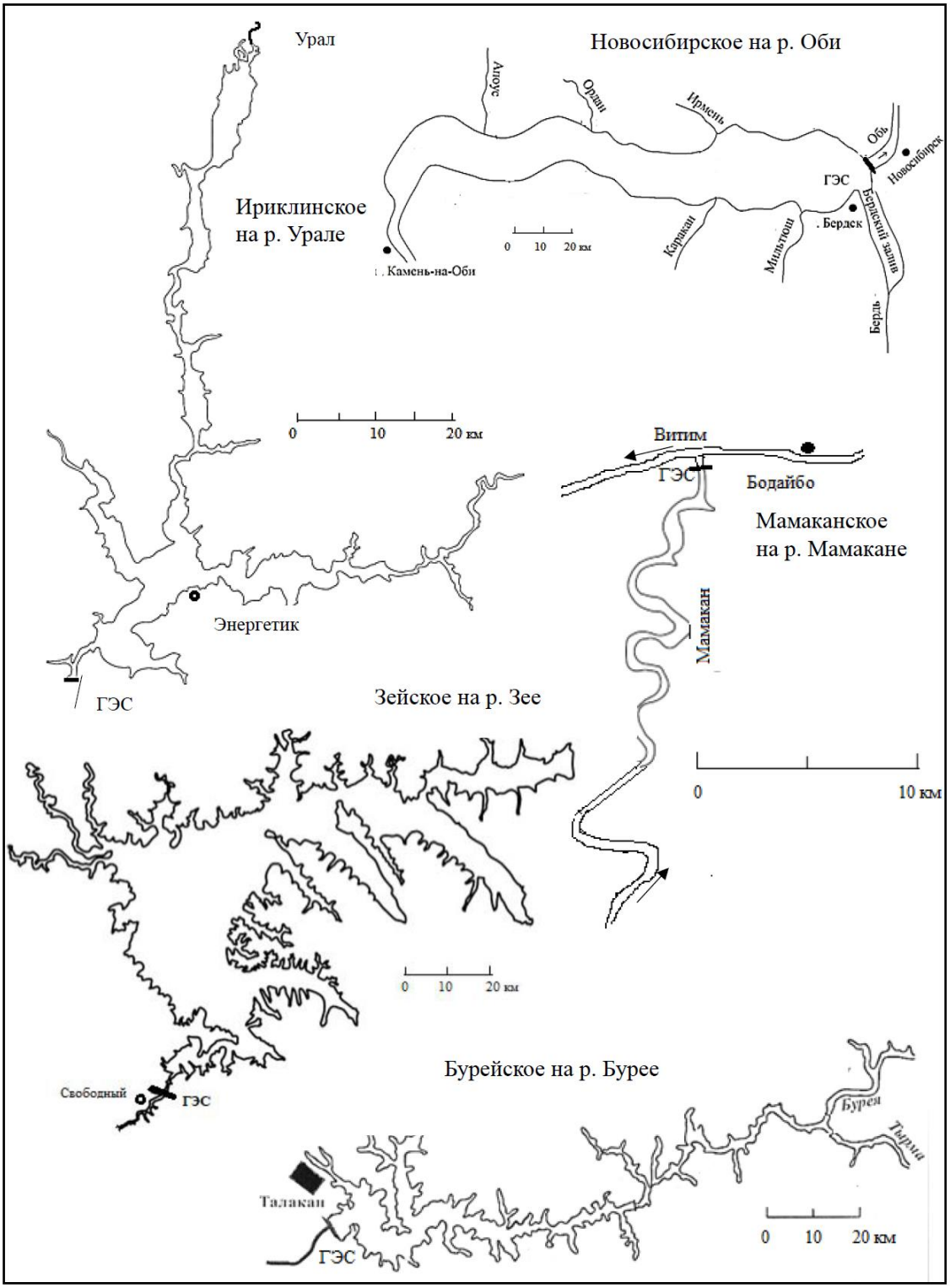



Рис. 2. Плановые контуры водохранилищ эксплуатируемых ГЭС на реках Урале, Оби, Мамакане, Зее, Бурее

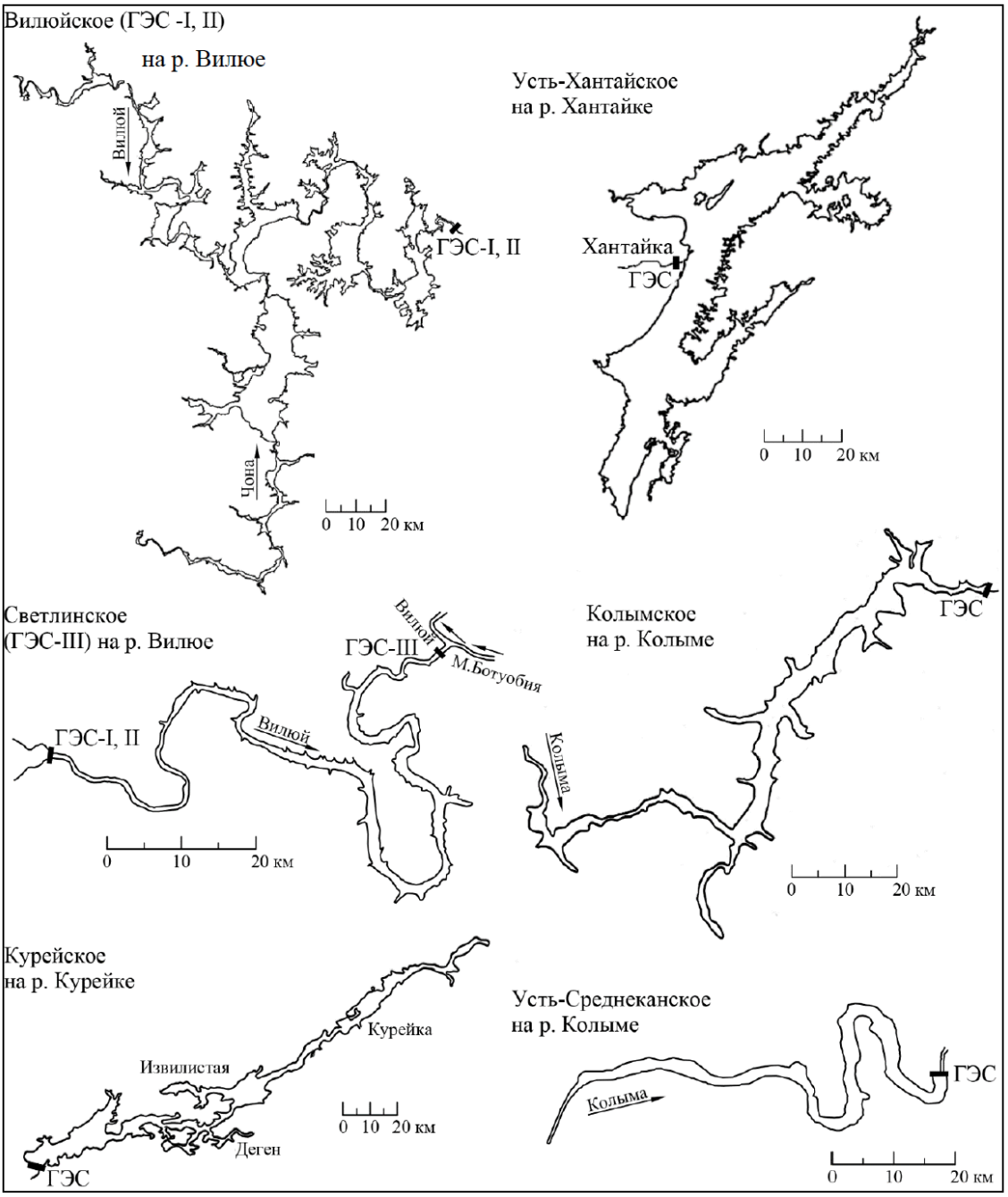



Рис. 3. Плановые контуры водохранилищ эксплуатируемых ГЭС на реках Вилюе, Хантайке, Курейке, Колыме в области вечной мерзлоты

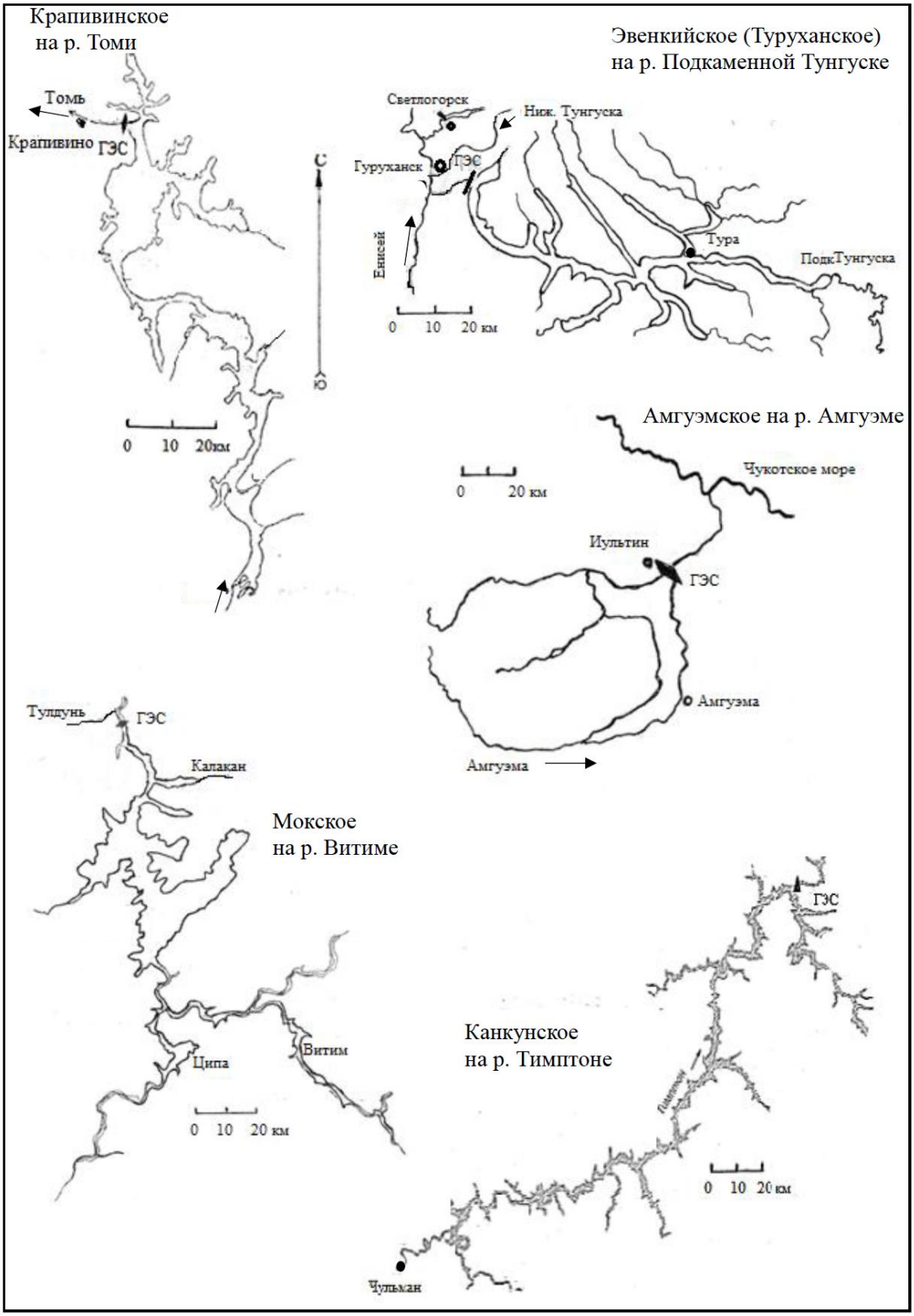



Рис. 4. Плановые контуры водохранилищ проектируемых ГЭС на реках Томи, Подкаменной Тунгуске, Витиме, Тимптоне

Можно полагать, что на картах водохранилища оконтурены урезами НПУ; наконец, на рис. 4 показаны контуры водохранилищ некоторых перспективных (проектируемых) ГЭС на реках Томи, Подкаменной Тунгуске, Витиме, Тимптоне по материалам проектных организаций.

**Фрактальные размерности береговых линий водохранилищ.** Значения фрактальных размерностей $D$ береговых линий водохранилищ находились клеточным методом [1]. Измеритель равнялся $\varepsilon = 1$ км; 3 км; 5 км. В таблице выписаны данные, полученные в результате измерений и расчетов. Фрактальные размерности береговых линий водохранилищ уложились в диапазон от $D = 1{,}075$ (Иркутское) до $D = 1{,}397$ (Курейское). Полученные фрактальные размерности согласуются с данными Е. Федера, который отмечал, что для многих береговых линий значение $D$ близко к 1,3 [4].

**Коэффициенты плановых форм водохранилищ.** Расчеты коэффициентов плановых форм водохранилищ $K_F$ проводились по их контурам, изображенным на рис. 1–4. Площади зеркал и длины береговых линий в данном случае определялись при помощи стандартных инструментов программы *AutoCAD*. Результаты расчетов записаны в таблице. Коэффициенты плановых форм уложились в диапазон от $K_F = 13{,}77$ (Мамаканское водохранилище) до $K_F = 76{,}93$ (Братское водохранилище), чем отнесли водохранилища Сибири по сложности плановой конфигурации к категориям от «средней сложности» до «очень сложная».

**Заключение.** Сегодня фрактальный методологический подход преодолевает начальный этап в направлении прикладных исследований водных объектов. Данная работа – один из первых и относительно небезуспешный практический пример приложения теории фракталов в исследованиях водохранилищ: содержит вычисленные фрактальные размерности береговых линий и коэффициенты плановых форм водохранилищ крупных ГЭС на реках в азиатской части страны.

Мы предлагаем включить названные фрактальные параметры в число морфометрических показателей, поскольку они учитывают такие свойства конфигурации чаш водохранилищ, которые невозможно учесть другими средствами.

Полученные данные представляют научный интерес, могут использоваться при составлении информационных систем, содержащих сведения о водохранилищах, пополнить количественную информацию ГИС «Морфометрия водохранилищ» при организации водохозяйственной деятельности. По необходимости эти данные можно уточнить на основе более подробных картографических материалов.

Включение фрактальных параметров в число морфометрических показателей водохранилищ поведет к повышению корректности их анализа, моделирования и прогнозирования, к повышению объективности и адекватности информационной поддержки жизненного цикла водохранилищ [15].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иудин, Д. И. Фракталы : от простого к сложному : монография / Д. И. Иудин, Е. В. Копосов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2012. – 182 с. – Текст : непосредственный.

2. Слива, И. В. История гидроэнергетики России / И. В. Слива ; РусГидро Корпоративный университет гидроэнергетики. – Москва : РусГидро-КорУрГ ; Тверь :

Тверская типография, 2014. – 304 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 17.1.1.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов : государственный стандарт Союза ССР : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 4 февраля 1977 г. N 299 : дата введения с 1 июля 1978 года. – URL: http://www.consultant.ru. – Режим доступа: Консультант плюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

4. Федер, Е. Фракталы / Е. Федер. – Москва : Мир, 1991. – 254 с. – Текст : непосредственный.

5. Соболь, С. В. О классификации водохранилищ по конфигурации в плане / С. В. Соболь, Н. Р. Зайнуллина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет : Нижний Новгород, 2017. – № 2. – С. 116–124.

6. Семина, Д. Д. О развитии классификации водохранилищ по конфигурации в плане / Д. Д. Семина, С. В. Соболь. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет : Нижний Новгород, 2018. – № 4. – С. 200–205.

7. Румянцев, И. С. Актуализация и решение научно-технической проблемы по оценке и прогнозу изменения морфометрических параметров равнинных водохранилищ России в период эксплуатации / И. С. Румянцев, И. С. Соболь. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет : Нижний Новгород, 2014. – № 2. – С. 75–83.

8. Соболь, С. В. К вопросу об изменении длины береговой линии и площади водного зеркала больших равнинных водохранилищ в процессе многолетней эксплуатации / С. В. Соболь. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет : Нижний Новгород, 2023. – № 3 – С. 87–99.

9. Karty vsego mira (elektronik resurs). – URL: http:// Iondmap.net.

10. Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и спутниковым снимкам : стандарт организации : СТО ГГИ 52.08.40 – 2017. – Москва : РПЦ Офорт, 2017. – 148 с. – Текст : непосредственный.

11. Соболь, С. В. Фрактальные размерности береговых линий долинных водохранилищ / С. В. Соболь, Н. Р. Зайнуллина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет / Нижний Новгород, 2017. – № 2. – С. 252–256.

12. Соболь, С. В. Фрактальные параметры водохранилищ ГЭС криолитозоны / С. В. Соболь, Р. В. Чжан. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2020. – № 9. – С. 55–59.

13. Грунтовые плотины в криолитозоне России / Р. В. Чжан, С. А. Великин, Г. И. Кузнецов, Н. В. Крук. – Новосибирск : ГЕО, 2019. – 427 с. – Текст : непосредственный.

14. Иудин, Д. И. Фрактальный подход к анализу процессов развития термокарстовых озер / Д. И. Иудин, С. В. Соболь, Р. В. Чжан. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 1. – С. 99–106.

15. Беднарук, С. Е. Технология информационной поддержки при управлении каскадами водохранилищ / С. Е. Беднарук, Ю. Г. Мотовилов. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2017. – № 7. – С. 22–35.

**SOBOL Stanislav Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of hydraulic and transport structures[1]; CHZHAN Rudolf Vladimirovich, doctor of technical sciences, chief scientific co-worker[2]**

# FRACTAL ANALYSIS OF CONFIGURATION OF RESERVOIRS OF HYDROELECTRIC POWER STATIONS ON THE RIVERS OF SIBERIA

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia; e-mail: gs@nngasu.ru
[2] P. I. Melnikov Institute of Permafrost, Siberian branch of RAS
36, Merzlotnaya St., Yakutsk, 677010, Russia; e-mail zhang@mpi.ysh.ru
*Key words*: Siberia, hydroelectric power stations, reservoirs, coastlines, water mirrors, fractal parameters.

*The article presents the first results of determining the fractal dimensions of coastlines and coefficients of planned shapes of operating and being designed reservoirs of hydroelectric power stations in the Asian part of Russia on the basis of topographic maps with a proposal to include the values of fractal parameters in the number of morphometric indicators, since they take into account such properties of the configuration of reservoirs, which cannot be taken into account by other means.*

REFERENCES

1. Iudin D. I., Koposov E. V. Fraktaly: ot prostogo k slozhnomu [Fractals: from simple to complex] : monografiya / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2012. – 182 p.

2. Sliva I. V. Istoriya gidroenergetiki Rossii [History of hydropower engineering in Russia] ; RusGidro Korporativny universitet gidroenergetiki. – Moscow : RusGidro-KorUrG ; Tver: Tverskaya tipografiya, 2014. – 304 p.

3. GOST 17.1.1.02-77. Okhrana prirody. Gidrosfera. Klassifikatsiya vodnykh obektov [Protection of Nature. Hydrosphere. Classification of water bodies] : gos. standart Soyuza SSR : utv. i vved. v deystvie Postanovleniem Gos. komiteta standartov Soveta Ministrov SSSR ot 4 fevralya 1977 g. N 299 : data vved. s 1 iyulya 1978 goda. – URL: http://www.consultant.ru. – Rezhim dostupa: Konsultant plyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

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

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

6. Syomina D. D., Sobol S. V. O razvitii klassifikatsii vodokhranilishch po konfiguratsii v plane [About development of water reservoirs classification by configuration in plan / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t : Nizhny Novgorod, 2018. – № 4. – P. 200 – 205.

7. Rumyantsev I. S., Sobol I. S. Aktualizatsiya i reshenie nauchno-tekhnicheskoy problemy po otsenke i prognozu izmeneniya morfometricheskikh parametrov ravninnykh vodokhranilishch Rossii v period ekspluatatsii [Actualization and solving technical problems on the assessment and forecast of changes in the morphometric parameters of the lowland reservoirs of Russia in the period of operation] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t : Nizhny Novgorod, 2014. – № 2. – P. 75–83.

8. Sobol S. V. K voprosu ob izmenenii dliny beregovoy linii i ploshchadi vodnogo zerkala bolshikh ravninnykh vodokhranilishch v protsesse mnogoletney ekspluatatsii [On the issue of changing the length of the coastline and the area of the water mirror of large plain reservoirs in the process of long-term operation] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t : Nizhny Novgorod, 2023. – № 3 – P. 87–99.

9. Karty vsego mira (elektronik resources). – URL: http:// Iondmap.net.

10. Opredelenie morfometricheskikh kharakteristik vodnykh obektov sushi i ikh vodosbrosov s ispolzovaniem tekhnologii geograficheskikh informatsionnykh sistem po tsifrovym kartam Rossiyskoy Federatsii i sputnikovym snimkam [Determination of the morphometric characteristics of land water bodies and their watersheds using the technology of geographic information systems using digital maps of the Russian Federation and satellite images] / STO GGI 52.08.40 – 2017. – Moscow: RPTs Ofort, 2017. – 148 p.

11. Sobol S. V., Zaynullina N. R. Fraktalnye razmernosti beregovykh liniy dolinnykh vodokhranilishch [Fractal dimensions of coastlines of valley reservoirs / S. V. Sobol // Volga Scientific Journal, 2017. – № 2. – P. 252–256.

12. Sobol S. V., Chzhan R. V. Fraktalnye parametry vodokhranilishch GES kriolitozony [Fractal parameters of reservoirs of hydroelectric power stations in the permafrost zone] / Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Power Technology and Engineering], 2020. – № 9. – P. 55–59.

13. Chzhan R. V., Velikin S. A., Kuznetsov G. I., Cruk N. V. Gruntovye plotiny v kriolitozone Rossii [Soil dams in the permafrost zone of Russia]. – Novosibirsk: GEO, 2019. – 427 p.

14. Iudin D. I., Sobol S. V., Chzhan R. V. Fraktalny podkhod k analizu protsessov razvitiya termokarstovykh ozyor [Fractal approach to the analysis of the process of thermokarst lakes development] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t : Nizhny Novgorod, 2019. – № 1. – P. 99– 106.

15. Bednaruk S. E., Motovilov Yu. G. Tekhnologiya informatsionnoy podderzhki pri upravleniyami kaskadami vodokhranilishch [Information support technology for managing reservoir cascades] / Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Power Technology and Engineering], 2017. – № 7. – P. 22–35.

© **С. В. Соболь, Р. В. Чжан, 2024**

Получено: 31.12.2023 г.

**УДК 627.8 (470.45)**

**А. В. ФЕВРАЛЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений**

# О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЯ МАЛОЙ ГЭС НА ПРОЕКТИРУЕМОМ ВОДОПРОПУСКНОМ СООРУЖЕНИИ ИЗ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В Р. АХТУБУ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89; эл. почта: gs@nngasu.ru
*Ключевые слова*: водопропускное сооружение, Волгоградское водохранилище, р. Ахтуба, ГЭС.

*Предложено решение для сохранения природной системы Волго-Ахтубинской поймы. Приведены технические решения по зданию ГЭС, определены основные параметры ГЭС, оценена экономическая эффективность ГЭС.*

Áхтуба (Ак-тюбе – белые холмы) – левый рукав Волги, отделяющийся от нее напротив северной части Волгограда. Старый вход в Ахтубу, который располагался выше по течению, при строительстве Волжской ГЭС (Сталинградская/Волгоградская ГЭС имени XXII съезда КПСС) был перекрыт ее плотиной, но ниже был прорыт канал длиной 6,5 км.

Волга с притоками, ее рукава, в том числе и Ахтуба, пойма и Каспий вместе составляют единую Волго-Каспийскую экосистему, которая по пространству соответствует Волго-Каспийскому бассейну.

В связи с созданием Волжского каскада водохранилищ режим этой экосистемы существенно изменился, в том числе и режим Волго-Ахтубинской поймы, природный комплекс которой пребывает в настоящее время в стадии деградации. Чтобы сохранить уникальную Волго-Ахтубинскую пойму, необходимо обеспечить ее достаточной водностью, «приподняв» водный поток Ахтубы и увеличив количество поступающей в нее воды.

Одним из решений увеличения водности Ахтубы является создание водопропускного сооружения для подачи воды из Волгоградского водохранилища в эту реку [1].

Из всех рассмотренных вариантов для обоснования ГЭС было принято водопропускное сооружение на расход 100 м$^3$/с [2]. Водопропускное сооружение, пересекает железнодорожную и автомобильную дороги, проложенные через гидроузел.

Водоподводящие коммуникации сооружения представлены открытым земляным каналом, водоводами, проложенными под дорожными коммуникациями и устройством по сопряжению уровней воды Волгоградского водохранилища с уровнем воды в р. Ахтуба.

Открытый земляной канал прокладывается от водохранилища до железнодорожной и автомобильной дороги.

Железная и автомобильная дороги пересекаются с помощью подземных водоводов, заканчивающихся водной камерой с водосливом из тонкой стенки,

которые обеспечивают заданный гидравлический режим в водоводах и открытом канале. Водоводы представлены сифонными трубопроводами глубокого заложения в количестве четырех ниток диаметром 2,5 м.

Для оценки параметров ГЭС приняты данные по [2]:

− расход воды, подаваемый из водохранилища в Ахтубу, – 100 м$^3$/с;

− НПУ = 15 м БС; ФПУ = 16,30 м БС; УМО = 12,00 м БС;

− уровни нижнего бьефа УНБ (р. Ахтуба): УНБ$_{макс}$= 0,70 м БС; УНБ$_{мин}$ = –8,00 м БС.

В качестве установленной мощности принята величина, соответствующая расходу $Q$ = 100 м$^3$/с и максимальному напору, определяемому как

$$H = \text{НПУ–УНБ}_{мин}=15 - (-8) = 23 \text{ м}. \quad (1)$$

Мощность определяется известной формулой

$$N = 9{,}81\eta_{гэс}QH, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где $\eta_{гэс}$ – КПД ГЭС, $\eta_{гэс}$=0,82; $Q$ – расход ГЭС, м$^3$/с; $H$ – напор ГЭС, м.

При принятых параметрах установленная мощность составила

$$N_у=18{,}5 \text{ МВт}.$$

Среднемноголетняя выработка электроэнергии определена в предположении использования установленной мощности в течение 11 месяцев (кроме половодья) или 8 000 часов в году, т. е. выработка получилась

$$Э_0 = 148\cdot10^6 \text{ кВт·ч/год}.$$

Выбор гидротурбин выполнен по приведенным показателям [3]. В результате принята поворотно-лопастная турбина ПЛ-30ВМ-212 в количестве 4 машин с диаметром рабочего колеса 212 см и синхронной частотой вращения 230,8 об/мин.

В качестве турбинной камеры применена металлическая спиральная унифицированная камера типа СУМ-0,375-31$^0$45$'$ по [3]. Отвод воды осуществляется изогнутой отсасывающей трубой высотой 4 м.

Выработка электроэнергии производится вертикальными синхронными гидрогенераторами типа СВ 320/80-26 напряжением 6,3 кВ.

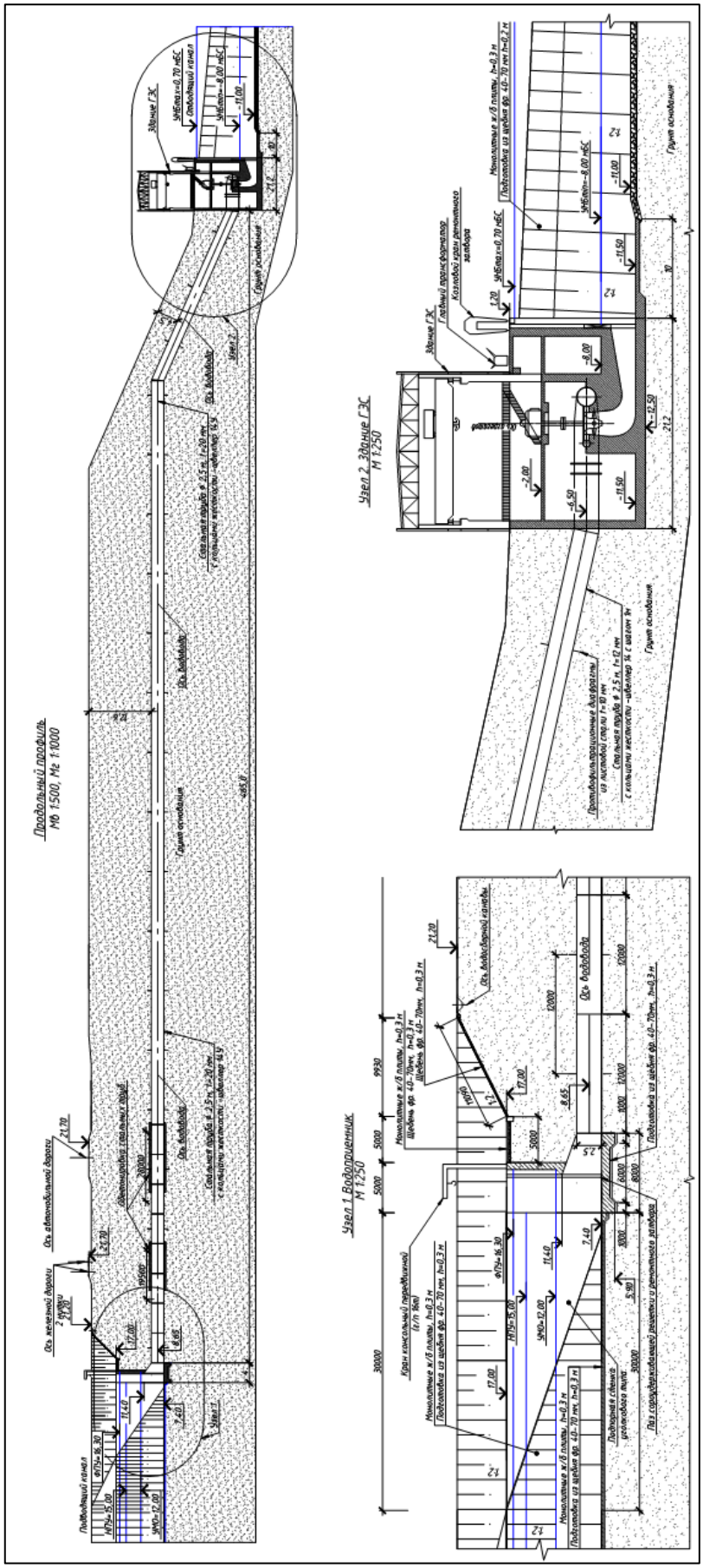
Маневрирование оборудованием машинного зала предусмотрено мостовым электрическим краном грузоподъемностью 50 т и пролетом 14 м. Для ремонтных затворов отсасывающих труб использован козловой кран грузоподъемностью 5 т.

В качестве ремонтных затворов отсасывающих труб приняты плоские скользящие стальные затворы размером 6×3 м.

Здание ГЭС состоит из подводной и надводной частей.

В подводной части размещены агрегаты, турбинные трубопроводы, турбинные камеры, отсасывающие трубы, затворы.

Подводная часть выполнена из монолитного железобетона.




Гидроэнергетические сооружения ГЭС на водопропускном сооружении в р. Ахтубу

Надводная часть (машинный зал) представляет собой каркас из сборных железобетонных колонн, стальных подкрановых балок, стальных ферм покрытия, связей. Заполнение каркаса предполагается сборными панелями.

Здание ГЭС состоит из пяти блоков: 4 агрегатных блока и блок монтажной площадки.

Для пропуска воды в р. Ахтубу при отключении агрегатов на каждом из них предусмотрена отводящая труба диаметром 2,5 м, перекрываемая дисковым затвором при работе агрегата. При остановке агрегата затвор приводится в открытое положение.

Для отключения агрегатов от водоводов агрегаты снабжены предтурбинными дисковыми затворами.

Здание разделено деформационными швами на 3 секции: 2 агрегатных секции с двумя агрегатами в каждой и секции монтажной площадки.

Выдача мощности ГЭС предполагается через повышающий трансформатор 6,3/110 кВ на ОРУ (открытое распределительное устройство) 110 кВ.

Размеры здания ГЭС в плане: ширина (вдоль движения воды) 21,2 м, длина (поперек движения воды) 54,0 м.

Высота подводной части от подошвы фундаментной плиты до отметки пола машзала – 10,5 м, высота надводной части (машзала) от отметки пола до низа фермы покрытия – 12,5 м.

Подъезд к зданию ГЭС предусматривается по автодороге с капитальным покрытием с левого берега.

Сооружения ГЭС представлены на рисунке.

Оценка эффективности создания ГЭС может быть выполнена по формуле [4]:

$$T_{ОК} = K/(Ф–И), \quad (3)$$

где $T_{ОК}$ – срок окупаемости; Ф – годовой экономический результат; $K$ − первоначальные затраты; И − годовые текущие затраты.

Эффективность обеспечивается, если вычисленный срок окупаемости не превысит приемлемый для инвестора срок.

Экономическим результатом эксплуатации ГЭС в данном случае является снижение затрат инвестора ГЭС на приобретение электроэнергии из внешних электросетей; при этом экономический результат выражается как:

$$Ф = ц_Э Э_0, \quad (4)$$

где $ц_Э$ – тариф на электроэнергию.

Текущие затраты определяются в виде доли первоначальных затрат

$$И = \alpha K, \quad (5)$$

здесь $\alpha = 0{,}02$ год$^{-1}$ [4].

Первоначальные затраты могут быть определены по аналогам [4]. При этом удельные первоначальные затраты в ценах 1991 г. принимаются $к_N = 700$ руб. /кВт, а полные первоначальные затраты составят

$$K_0 = к_N N_у = 700 \cdot 18{,}5 \cdot 10^3 = 12{,}95 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Эти затраты включают в себя, кроме затрат в собственно здание ГЭС, затраты в подпорные и водосбросные сооружения. Названные сооружения в

данном случае относятся к водопропускному сооружению, и их затраты в затратах в ГЭС учитываться не должны, т. е. первоначальные затраты в здание ГЭС могут быть приняты

$$K = 0{,}5K_0 \approx 6{,}5 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Для перевода затрат в цены 2023 г. применяется индекс цен, равный 114,04 по данным [5]. Кроме того, необходимо учесть НДС = 20 %.

Таким образом, первоначальные затраты в ГЭС в ценах 2023 г. составят

$$K = 1{,}2 \cdot 114{,}04 \cdot 6{,}5 \cdot 10^6 = 889{,}512 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Текущие затраты

$$И = 0{,}02 \cdot 889{,}512 \cdot 10^6 = 17{,}79 \cdot 10^6 \text{ руб./год.}$$

Тариф на электроэнергию по данным [6]

$$ц_Э = 5{,}39 \text{ руб. /кВт·ч.}$$

Результаты расчета срока окупаемости приведены в таблице.

**Расчет срока окупаемости ГЭС**

| Тариф на электро-энергию, руб./(кВт·ч) | Выработка электро-энергии, млн кВт·ч/год | Экономи-ческий результат, млн руб./год | Текущие затраты, млн руб./год | Первона-чальные затраты, млн руб. | Срок окупае-мости, годы |
|---|---|---|---|---|---|
| 5,39 | 148,0 | 797,72 | 17,79 | 889,512 | 1,14 |

Как следует из таблицы, срок окупаемости получился весьма низким. Это свидетельствует о целесообразности возведения малой ГЭС в составе водопропускного сооружения из Волгоградского водохранилища в р. Ахтубу.

БИБИЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муравьев, В. П. Водопропускное сооружение для обводнения р. Ахтубы из Волгоградского водохранилища / В. П. Муравьев, С. В. Соболь, И. С. Соболь, А. В. Февралев, Н. П. Сидоров, В. М. Красильников, Д. Н. Хохлов // Приволжский научный журнал. – 2015. № 3. – С. 45–51.

2. Научные исследования по разработке конструкции водопропускного сооружения с сифонными водоводами глубокого заложения на расход 100 м$^3$/с / Отчет о НИР. − Н. Новгород: ННГАСУ. − 2014. − 27 с.

3. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: Справочное пособие. – Т. 1. Основное оборудование гидроэлектростанций / Под ред. Ю. С. Васильева, Д. С. Щавелева. – Москва: Энергоатомиздат, 1988.

4. Соболь, С. В. Использование водной энергии малых рек: монография / С. В. Соболь, А. В. Февралев. – Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. Н. Новгород: ННГАСУ, 2009. – 284 с.

5. Письмо Минстроя РФ от 10.08.2023 г., № 21491-ОГ/09.

6. Приказ Департамента по тарифам от 18.11.2022 № 41/2 «Об установлении тарифов на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей по Волгоградской области».

**FEVRALYOV Arkady Valentinovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic and transport structures**

## ON THE EXPEDIENCY OF ERECTING A SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANT BUILDING ON A BEING-DESIGNED CULVERT FROM THE VOLGOGRAD RESERVOIR INTO THE AKHTUBA RIVER

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-42-89;
e-mail: gs@nngasu.ru
*Key words:* culvert, Volgograd reservoir, Akhtuba river, hydroelectric power station.

*The article proposes solution to preserve the natural system of the Volga-Akhtuba floodplain. Technical solutions for the HPP building are given, the main parameters of the HPP are determined, the economic efficiency of the HPP is estimated.*

REFERENCES

1. Muravyov V. P., Sobol S. V., Sobol I. S., Fevralyov A. V. [et al.]. Vodopropusknoe sooruzhenie dlya obvodneniya r. Akhtuby iz Volgogradskogo vodokhranilishcha [Culverts for water blockage of the Akhtuba River from the Volgograd reservoir] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t : Nizhny Novgorod. – 2015. № 3. – P. 45–51.

2. Nauchnye issledovania po razrabotke konstrukzii vodopropusknogo sooruzhenia s sifonnymi vodovodami glubokogo zalozhenia na rashod 100 $m^3$/s [Scientific research on the development of the design of a culvert with deep siphon water conduits at a flow rate of 100 $m^3$/s] / Otchet o NIR. – Nizhny Novgorod: NNGASU. – 2014. – 27 p.

3. Gidroenergeticheskoe i vspomogatelnoe oborudovanie gidroelektrostantsiy [Hydropower and Auxiliary Equipment of Hydroelectric Power Plants] : spravochnoe posobie : v 2-kh tomakh. – Tom 1. Osnovnoe oborudovanie gidroelektrostantsiy [Vol. 1. Basic Equipment of Hydroelectric Power Plants] / Pod. red. Yu. S. Vasilev, D. S. Shchavelev. – Moscow : Energoatomizdat, 1988.

4. Sobol S. V. Fevralyov A. V. Ispolzovanie vodnoy energii malykh rek [The Use of Water Energy of Small Rivers]: monografiya / Nizhegorod. gos. arkhit.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod : NNGASU, 2009. – 284 p.

5. Pismo Minstroya ot 10.08.2022, № 21491-OG/09 [Letter of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated 10.08.2023, No. 21491-OG/09].

6. Prikaz Departamenta po tarifam ot 18.11.2022 № 41/2 «Ob ustanovlenii tarifov na elektricheskuyu energiyu dlya nasaleniya i priravnennykh k nemu kategoriy potrebiteley po Volgogradskoy oblasti» [Order of the Tariff Department dated 18.11.2022 No. 41/2 "On Establishing Electricity Tariffs for the Population and Equated Categories of Consumers in the Volgograd Region"].

**© А. В. Февралев, 2024**
Получено: 29.11.2023 г.

**УДК 69.05:004**

**З. Е. МУХАМБЕТЖАН, аспирант кафедры автомобильных дорог, мостов и транспортных сооружений; З. Р. МУХАМЕТЗЯНОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры автомобильных дорог, мостов и транспортных сооружений**

# ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
Россия, 450064, г. Уфа, Республика Башкортостан, ул. Космонавтов, д. 1.
Тел.: +7 777 -528-1551; эл. почта: zerek-wkau@yandex.ru
*Ключевые слова:* моделирование свойств и состояний, строительная продукция, среда информационного моделирования, информационные технологии.

*Предложен механизм формирования среды информационного моделирования для достижения функционального качества объектов промышленного назначения на различных этапах их жизненного цикла.*

Проектирование, конструирование, эксплуатация и даже утилизация современных объектов промышленного назначения достигли настолько высокого уровня сложности и ответственности, который потребовал применения синтеза эффективных методов и подходов к формированию и организации соответствующих процедур инвестиционно-строительной (архитектурно-строительной) деятельности, включая прогрессивные достижения научных и прикладных дисциплин смежных областей знаний.

Возрастающая роль информации в обществе становится постоянно актуальным предметом научного осмысления и развития ряда инновационных технологических направлений. Уровень состояния и перспективы развития информационного общества характеризуется объемом доступных информационных ресурсов, а также интенсивностью преобразования информационных ресурсов в информационные технологии, продукты и услуги [1].

Информация становится одним из наиболее важнейших стратегических, управленческих, творческих ресурсов и становится в один ряд значимости с ресурсами: человеческими, природными, технико-технологическими, финансовыми. Трансформация и переход информации (информационных потоков данных) в категорию ресурса, предназначенного для формирования функционального качества промышленных объектов, становятся характерными и одновременно перспективными направлениями современной архитектурно-строительной (инвестиционно-строительной) деятельности.

Процедуры формирования необходимого функционального качества объекта проектирования трансформируются в технологии информационного моделирования – современные цифровые платформы, ориентированные на системный сбор, анализ и применение актуальной и достоверной информации об особенностях свойств и состояний промышленного объекта в течение основных периодов жизненного цикла (рис. 1).

Рис. 1. Особенности информационной платформы свойств и состояний промышленных объектов в течение жизненного цикла

Информационное моделирование предметно-пространственных и функционально-технологических особенностей промышленных объектов с использованием платформы BIM-моделирования состоит в объектно-ориентированном, параметрическом, пространственном и иных представлениях (*D*-измерениях) проектных (композиционных, конструктивных, организационно-технологических и функционально-технологических) решений с привлечением цифровых (электронных) средств автоматизации проектных процедур [2].

Стратегия последовательного, но повсеместного и общепринятого (точнее, для всех этапов жизненного цикла) внедрения принципов информационного моделирования формирует такие условия, при которых применение информационных технологий BIM-моделирования представляется базовым уровнем к формированию, обеспечению и повышению функционального качества и конкурентной способности строительной продукции (включая объекты промышленного назначения).

Одновременно с этим разработка и практическая реализация рассматриваемой стратегии нуждается в научно-методическом обосновании, с учетом особенностей условий формирования и функционирования соответствующей информационной среды.

**Исследование особенностей и возможностей современных информационных технологий (BIM-моделирования) для моделирования свойств промышленных объектов**

Моделирование свойств является одним из наиболее эффективных и развивающихся методов анализа свойств и состояний реально существующего или проектируемого объекта промышленного назначения [3].

Моделирование фактических или планируемых (проектируемых) свойств строительных объектов при анализе процессов и явлений, осуществляемых при формировании функционального качества строительной продукции, осуществляется с применением физических и нефизических (математических) моделей [4].

Математическое моделирование представляет собой идеализированную научно-знаковую, формализованную интерпретацию поведения и свойств объекта исследований, осуществляемую языком математических символов. Исследование объекта-модели осуществляется посредством совокупности математических выражений, отражающих связь между параметрами описания и поведения

объекта, а также методов их преобразования, позволяющих определять неизвестные значения показателей процессов, явлений, состояний.

Математическое моделирование представляется значительно более универсальным (по сравнению с физическим моделированием) способом для характеристики явлений и процессов и предполагает формирование графического, аналитического, логического или иного описания, соответствующего по ключевым параметрам реального процесса или материального предмета. Возможности и результаты применения приемов математического моделирования характеризуется следующими преимуществами, по сравнению с физическим моделированием [3]:

− экономичностью (в частности, минимизацией материальных ресурсов) формирования реального объекта исследований;

− возможностью анализа гипотетических (инновационных, еще не реализованных на практике) архитектурно-строительных образований, строительных конструкций и материалов, способов взаимодействия структурных элементов системы архитектурно-строительного производства;

− возможностью исследований групп, сочетаний и отдельных проявлений трудновоспроизводимых нагрузок и воздействий, опасных технологических процессов, частичную или полную потерю функционального качества объекта исследований;

− доступностью изменения масштабов времени; сравнительная простота формирования многофакторного анализа сложных процессов и явлений строительного производства;

− высоким уровнем достоверности и способности к верификации результатов исследований вследствие наличия процедур выявления закономерностей;

− доступностью и возможностью развития и совершенствования технических и интеллектуальных ресурсов моделирования (алгоритмов, вычислительных устройств, системы программирования и прикладных программ).

Достаточно часто именно методы математического моделирования являются единственно возможными способами решения теоретических и прикладных задач в отношении формирования функционального качества строительной продукции, включая и объекты промышленного назначения.

Большинство примеров применения информационных технологий (в концепции платформы BIM-моделирования) можно отнести к решению задач проектирования функционально-технологического качества промышленных объектов (рис. 1). Данные задачи были успешно реализованы посредством индивидуальных усилий отдельных участников инвестиционно-строительной деятельности на методической и системотехнической базе соответствующих систем автоматизированного проектирования (рис. 2).

Современное состояние и темпы развития строительной отрасли не требует немедленного, безальтернативного и интенсивного внедрения инновационных технологий BIM-моделирования в практическую деятельность. Но в ряде случаев именно инновационные приемы и технологии, включая приемы информационного моделирования, становятся наиболее рациональным и практичным методом формирования функционального качества промышленных объектов.

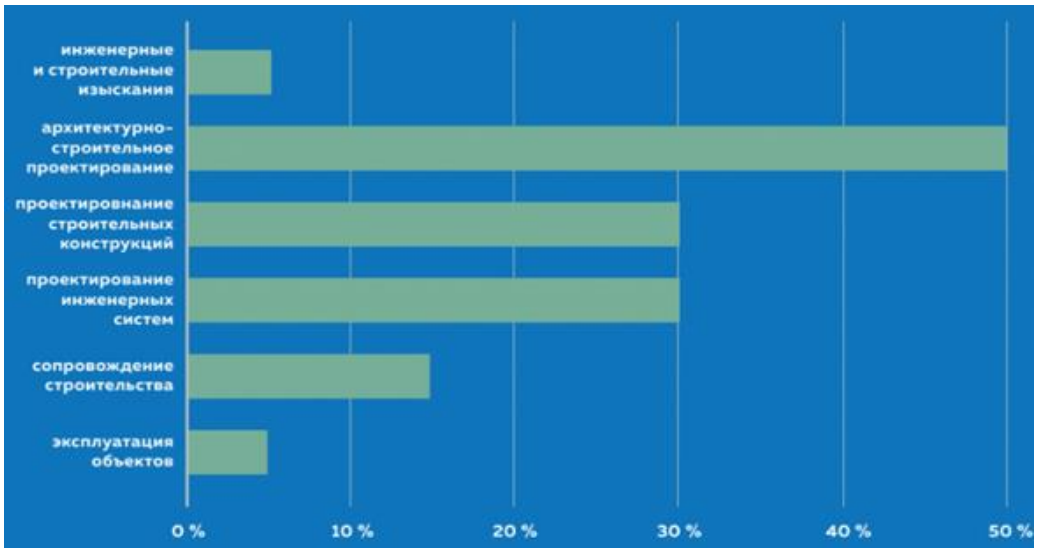



Рис. 2. Схема распределения объемов применения технологий BIM-моделирования по этапам жизненного цикла формирования строительной продукции

Данное обстоятельство представляется наиболее очевидным для решения производственных задач и ситуаций, связанных с разработкой организационно-технологических решений при наличии особых природно-климатических и градостроительных условий, уникальных или технологически сложных зданий и сооружений производственного назначения [5, 6].

Наиболее заметным результатом процесса развития технологий информационного моделирования в процедуры разработки и реализации функционального качества строительной продукции является утверждение соответствующей нормативно-правовой, нормативно-технической и методической основы в формате нормативного документа категории СП (Свод правил): «СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Действующая редакция нормативного документа СП 333.1325800.2020 включает требования по количественному и качественному составу данных, которые должны отображать параметры информационной модели с учетом установленных правил формирования модели строительного объекта для различных этапов жизненного цикла.

**Методические основы организации среды информационного моделирования промышленных объектов**

Организация среды информационного моделирования характеризуется осмысленным переходом к применению прогрессивных технологий для работы со значительным количеством информации (информационных потоков данных). Наличие информационной среды, поддерживающей формирование и актуализацию информационных потоков данных, организованных с использованием информационной технологии является признаком ответственного и эффективного похода к достижению показателей функционального качества строительных объектов промышленного назначения.

Особенности формирования информационных потоков получают сопровождение и отображение в соответствующих информационных моделях и технологиях с целью:

– сбора, приема, накопления, обработки информации: в процессах, ориентированных на взаимодействие с внешней по отношению к проекту средой;

– передачи и/или перераспределения информации между структурными элементами системы строительного производства или внутренней среды проекта;

– анализа, отбора, верификации, актуализации информации, формирования новых, актуальных информационных потоков данных, предназначенных для структурных элементов внешней и внутренней среды проекта;

– использования актуальной и верифицированной информации для принятия проектных, организационно-технологических и управленческих решений, направленных на достижение целей проекта и показателей функционального качества строительной продукции (объектов производственного назначения).

Информационные потоки данных об особенностях свойств объекта производственного назначения формируются на самых ранних этапах его жизненного цикла в формате его некоторого условного представления или информационной (цифровой, виртуальной, математической) модели (рис. 1). По мере прохождения соответствующих периодов (этапов) жизненного цикла происходит актуализация свойств и показателей как самого объекта, так и его информационной модели [7, 8].

Основной задачей формирования, развития и актуализации BIM-модели промышленного объекта является обеспечение всех заинтересованных категорий участников инвестиционно-строительной деятельности к необходимому им составу информационных данных в произвольный момент времени (рис. 3).

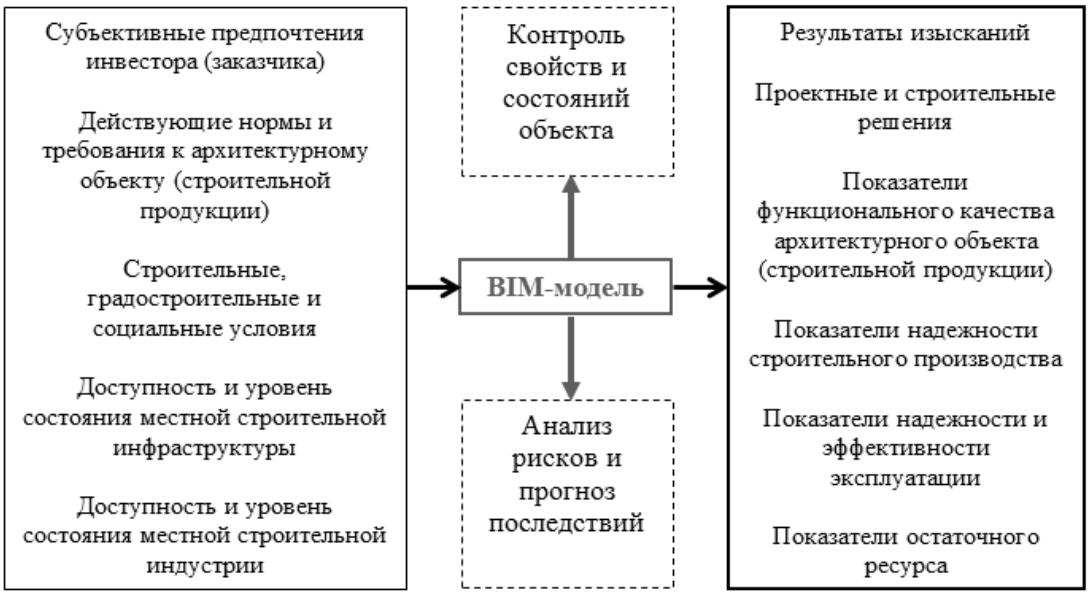



Рис. 3. Схема прохождения информационных потоков через BIM-модель промышленного объекта

Информационная среда проекта (инвестиционно-строительного или архитектурно-строительного) объекта промышленного назначения формируется с целью обеспечения условий для высокой эффективности деятельности участников проекта. Теоретическая и практическая ценность информационной среды в целом и его отдельных структурных элементов определяется целями и задачами использования на различных этапах жизненного цикла формирования

строительной продукции [9].

Формирование среды информационного моделирования может быть реализовано тремя основными способами:

− с привлечением исключительно внутренних материальных и нематериальных ресурсов, без изменения количественного (штатного) состава сотрудников предприятия (службы, отдела, организации);

− с привлечением исключительно внутренних материальных и нематериальных ресурсов, но и одновременного изменения количественного (штатного) состава сотрудников, например, приглашения нового специалиста по информационным технологиям платформы BIM-моделирования;

− с привлечением внешних материальных и нематериальных ресурсов, без изменения количественного (штатного) состава сотрудников.

Среда информационного моделирования характеризуется двумя основными функциями, которые определяют ее как объект изучения и средство производственной (например, архитектурно-строительной) деятельности. Функция, связанная с изучением, предусматривает накопление и усвоение знаний, опыта и навыков, которые способствуют последующему успешному применению возможностей BIM-моделей для решения практических, проектных задач. Функция, связанная с возможностями информационного моделирования как средства разработки проектных решений, определяет условия для повышения эффективности и качества решения проектных и процедурных задач.

**Выводы:**

Современная среда информационного моделирования ориентирована на разработку цифровых моделей с применением соответствующих технических средств и информационных технологий.

Рациональная организация и способ функционирования среды информационного моделирования определяются комплексом методических, организационных, технических и технологических процедур. Экономические и технологические критерии являются определяющими формат и структуру среды информационного моделирования в отношении конкретного объекта промышленного назначения.

Методическое обоснование условий организации и функционирования среды информационного моделирования промышленных объектов утверждает следующие основные принципы:

– информация (информационные потоки данных) о промышленном объекте становится одним из значительных ресурсов строительной (инвестиционно-строительной) деятельности в современной, «цифровой» экономике;

– информационная среда как основной инструмент формирования и обращения информации (информационных потоков данных) должна отображать особенности состояний и свойств промышленного объекта, начиная с самого раннего этапа его жизненного цикла;

– формирование, параметры и условия информационной среды осуществляется различными способами, с учетом конкретного состава располагаемого состава материальных и нематериальных ресурсов;

– отсутствие или недостаточный уровень состояния информационной среды можно рассматривать в виде потенциальной угрозы и рисков потери функционального качества промышленного объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Frank Webster. Theories of the Information Society / Frank Webster. – London : Routledge, 2014. – 416 p.
2. Побережник, В. И. Автоматизация оценки строительства с помощью BIM-модели / В. И. Побережник. – Текст : непосредственный // Знание. – 2020. – № 4 (80). – С. 82–93.
3. Внедрение BIM технологий в строительство / А. М. Горшков, С. А. Железнов, Р. А. Лемешко, С. В. Пойда. – Текст : непосредственный // Alfabuild. – 2019. – № 4 (11). – С. 70–81.
4. Смирнов, О. Л. Составление и оптимизация моделей сложных систем / О. Л. Смирнов. – Москва : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 144 с. – ISBN 978-6-139-58452-9. – Текст : непосредственный.
5. Мухаметзянов, З. Р. Классификация комбинаций технологически взаимосвязанных строительных процессов, используемых при строительстве объекта / З. Р. Мухаметзянов, Р. П. Разяпов. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 10. – С. 72–77.
6. Урманшина, Н. Э. Об исследовании значимости отдельных элементов комбинированного свайного фундамента / Н. Э. Урманшина, З. Р. Мухаметзянов. – Текст : непосредственный // Вестник НИЦ Строительство. – 2022. – № 3 (34). – С. 134–143.
7. Возможности цифровых технологий для каждого этапа жизненного цикла строительной системы / С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко, О. В. Оганесян [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – № 2 (87). – С. 315–326.
8. Hana Begić. Digitalization and automation in construction project’s life-cycle : a review / Hana Begić, Mario Galić, Zlata Dolaček-Alduk // Journal of Information Technology in Construc-tion (ITcon). – 2022. – Volume 27. – P. 441–460.
9. Каракозова, И. В. Создание информационной среды для объектов капитального строительства / И. В. Каракозова, Ю. С. Прохорова. – Текст : непосредственный // Экономика и управление. – 2021. – № 12. – С. 992–1002.


**MUKHAMBETZHAN Zerek Erkinuly, postgraduate student of the chair of roads, bridges and transport structures; MUKHAMETZYANOV Zinur Rishatovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of roads, bridges and transport structures**

## FORMATION OF THE INFORMATION ENVIRONMENT MODELING THE PROPERTIES OF INDUSTRIAL FACILITIES

Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonavtov St., Ufa, 450064, Russia; e-mail: zerek-wkau@yandex.ru
*Key words:* property and state modeling, construction products, information modeling environment, information technology.

*The article proposes a mechanism for the formation of an information modeling environment to achieve the functional quality of industrial facilities at various stages of their life cycle.*


REFERENCES

1. Frank Webster. Theories of the Information Society. London: Routledge, 2014. 416 p.

2. Poberezhnik V. I. Avtomatizatsiya otsenki stroitelstva s pomoshchyu BIM-modeli [Automation of construction assessment using a BIM model]. Znanie [Knowledge]. 2020, № 4 (80). P. 82–93.

3. Gorshkov A. M., Zheleznov S. A., Lemeshko R. A., Poyda S. V. Vnedrenie BIM tekhnologiy v stroitelstvo [Implementation of BIM technologies in construction]. Alfabuild. 2019, № 4 (11). P. 70–81.

4. Smirnov O. L. Sostavlenie i optimizatsiya modeley slozhnykh sistem [Creation and optimization of models of complex systems]. Moscow : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018, 144 p. – ISBN 978-6-139-58452-9.

5. Mukhametzyanov Z. R., Razyapov R. P. Klassifikatsiya kombinatsiy tekhnologicheski vzaimosvyazannykh stroitelnykh protsessov, ispolzuemykh pri stroitelstve obekta [Classification of combinations of technologically interconnected construction processes used in the construction of an object]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil engineering]. 2017, № 10. P. 72–77.

6. Urmanshina N. E., Mukhametzyanov Z. R. Ob issledovanii znachimosti otdelnykh elementov kombinirovannogo svaynogo fundamenta [On the study of the significance of individual elements of a combined pile foundation]. Vestnik NIC Stroitelstvo [Bulletin of Science and Research Center of Construction]. 2022, № 3 (34). P. 134–143.

7. Abramyan S. G., Burlachenko O. V., Oganesyan O. V. [et al.]. Vozmozhnosti tsifrovykh tekhnologiy dlya kazhdogo etapa zhiznennogo tsikla stroitelnoy sistemy [The possibilities of digital technologies for each stage of the life cycle of a construction system]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering]. 2022, №2 (87). P. 315–326.

8. Hana Begić, Mario Galić, Zlata Dolaček-Alduk. Digitalization and automation in construction project's life-cycle: a review // Journal of Information Technology in Construction (ITcon). 2022. Vol. 27. P. 441–460.

9. Karakozova I. V., Prokhorova Yu. S. Sozdanie informatsionnoy sredy dlya obektov kapitalnogo stroitelstva [Creating an information environment for capital construction projects]. Ekonomika i upravlenie [Economics and Management]. 2021, №12. P. 992–1002.

**© З. Е. Мухамбетжан, З. Р. Мухаметзянов, 2024**

Получено: 30.01.2024 г.

**УДК 624.042.1:624.074.27**

**Н. Ю. ТРЯНИНА, канд. техн. наук, проф. кафедры теории сооружений и технической механики; Ю. С. ГЛЫНИНА, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики**

# ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ЗАТЯЖЕК С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАТЯЖЕНИЕМ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕБРИСТО-КОЛЬЦЕВОГО КУПОЛА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96; эл. почта: nadial2005@mail.ru

*Ключевые слова:* ребристо-кольцевой купол, система предварительно-напряженных затяжек, нижнее опорное кольцо, продольная сила в ребрах, геометрическая нелинейность.

*Представлены результаты численного исследования работы стального ребристо-кольцевого купола сплошного сечения с системой предварительно-напряженных наклонных затяжек, дана оценка напряженно-деформированного состояния элементов конструкции, сделан выбор оптимального варианта по материалоемкости и даны рекомендации по проектированию.*

**Введение**. Предварительное напряжение и регулирование усилий является мощным средством повышения эффективности металлических конструкций, снижения их стоимости и экономии материала. Для купольных конструкций наиболее подходящим является способ предварительного напряжения высокопрочных затяжек. В ребристых, ребристо-кольцевых куполах затяжки соединяют опорные части одноименных арок, что позволяет передать значительную часть распора на затяжки и тем самым существенно облегчить опорное кольцо купола. Для включения затяжек в работу производится их предварительное натяжение с упором на опорный узел ребра. Возможно дальнейшее предварительное натяжение затяжек с целью создания разгружающего напряженного состояния в ребрах по отношению к эксплуатационной нагрузке [1].

Известны предварительно-напряженные тросовые купола системы Гайгера. Такая система нашла применение при разработке покрытий зданий спортивных корпусов Олимпиады-88 в Сеуле. С помощью предварительного напряжения высокопрочных канатов могут быть созданы не только вогнутые и выпуклые двухпоясные конструкции, но и выпуклые пространственные купольные системы [2].

Известно использование предварительно-напряженных гибких элементов в арочных конструкциях с жестким криволинейным верхним поясом. В работах [3, 4] было проведено исследование влияния наклонных предварительно-напряженных тяг на напряженно-деформированное состояние арочных конструкций и были сделаны рекомендации о рациональном их расположении в арках. В работах [5, 6] были даны рекомендации по использованию предварительно-напряженных затяжек для ребристо-кольцевых

куполов в зависимости от стрелы подъема и величины предварительного напряжения. Настоящее исследование является продолжением вышеназванных работ, уточняет и дополняет их.

Вопросы, связанные с предварительным напряжением куполов, достаточно актуальны, так как в настоящее время отсутствуют детальные теоретические и экспериментальные исследования по этой теме.

**Материалы и методы.** В данной статье представлено численное исследование напряженно-деформированного состояния ребристо-кольцевого купола сплошного сечения, опертого на арочную конструкцию, с двумя системами предварительно-напряженных наклонных затяжек в зависимости от величины предварительного натяжения. Дано сравнение полученных результатов с таким же куполом только без затяжек, произведен выбор оптимального варианта по материалоемкости.

Рассматривается ребристо-кольцевой купол диаметром 28 м со стрелой подъема $f$ = 10 м. В конструкцию купола вводилась система затяжек в двух вариантах: соединялись каждые одноименные арки и через одну. Величина предварительного напряжения подбиралась в различных вариантах таким образом, чтобы на последнем этапе нагружения при самом неблагоприятном сочетании нагрузок затяжки не выключались из работы (рис. 2 цв. вклейки). Высота расположения кольца для крепления затяжек равная 5 м была выбрана согласно рекомендациям проводимых ранее исследований [5].

Статический нелинейный расчет конструкций купола выполнен в соответствии с действующими нормативными положениями [9, 10] по первому и второму предельному состоянию на самый неблагоприятный вариант из комбинации расчетных сочетаний нагрузок с помощью программно-вычислительного комплекса *SCAD*. В качестве модели покрытия принята пространственная КЭ-модель (рис. 1 цв. вклейки), учитывающая геометрические параметры и характер распределения нагрузок (собственный вес, вес покрытия, снеговая нагрузка, ветровая нагрузка) с учетом геометрической нелинейности, было применено 4 этапа нагружения. Дальнейшая обработка результатов статического расчета и проверка проводилась с помощью программы *Microsoft Excel*.

В конструкции применяются прямоугольные и квадратные трубы из стали С255. В ходе исследования были подобранны оптимальные сечения элементов конструкции и посчитана их масса (таблица). Диаметр сечения затяжек составляет 10 мм, их общая масса равна 220,7 кг при расположении затяжек в каждой одноименной арке и 110,35 кг через одну.

**Результаты исследования.** Было отмечено, что величина предварительного натяжения в затяжках сильно не влияет на изменение внутренних усилий в элементах купола и ее величина подбиралась из условия не выключения затяжек из работы (в конечном итоге все затяжки должны быть растянуты).

На рис. 3–6 цв. вклейки показаны цветовые изображения величин продольных усилий, возникающих в элементах купола в двух вариантах систем затяжек и без них при наиболее неблагоприятном сочетании нагрузок (снег на половину купола).

| Наименование конструк-тивного элемента | Значение преднапряжения в верхних и нижних затяжках | $N_{max}$, кН | $M_{max}$, к Нм | Поперечное сечение | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|---|
| Нижнее опорное кольцо | – | 96,39 | 40,32 | □240×160×10 | 4979,6 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 20 и 15 кН | 74,14 | 5,27 | □180×140×5 | 2082,9 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 20 и 15 кН | 79,56 | 7,26 | □180×140×5 | 2082,9 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 25 и 10 кН | 74,13 | 5,28 | □180×140×5 | 2082,9 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 25 и 10 кН | 79,56 | 7,27 | □180×140×5 | 2082,9 |
| Верхнее опорное кольцо | – | -42,17 | 11,74 | □160×100×8 | 180,5 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 20 и 15 кН | -32,76 | 10,59 | □150×100×8 | 172,6 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 20 и 15 кН | -34,32 | 12,87 | □150×100×8 | 172,6 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 25 и 10 кН | -32,79 | 10,60 | □150×100×8 | 172,6 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 25 и 10 кН | -34,34 | 12,88 | □150×100×8 | 172,6 |
| Ребра | - | -149,16 | 19,93 | □180×100×8 | 8729,0 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 20 и 15 кН | -136,07 | 20,82 | □150×130×5,5 | 4102,0 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 20 и 15 кН | -128,69 | 22,77 | □150×130×5,5 | 4102,0 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 25 и 10 кН | -136,13 | 20,86 | □150×130×5,5 | 4102,0 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 25 и 10 кН | -128,70 | 22,79 | □150×130×5,5 | 4102,0 |

# К СТАТЬЕ Н. Ю. ТРЯНИНОЙ, Ю. С. ГЛЫНИНОЙ «ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ЗАТЯЖЕК С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАТЯЖЕНИЕМ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕБРИСТО-КОЛЬЦЕВОГО КУПОЛА»

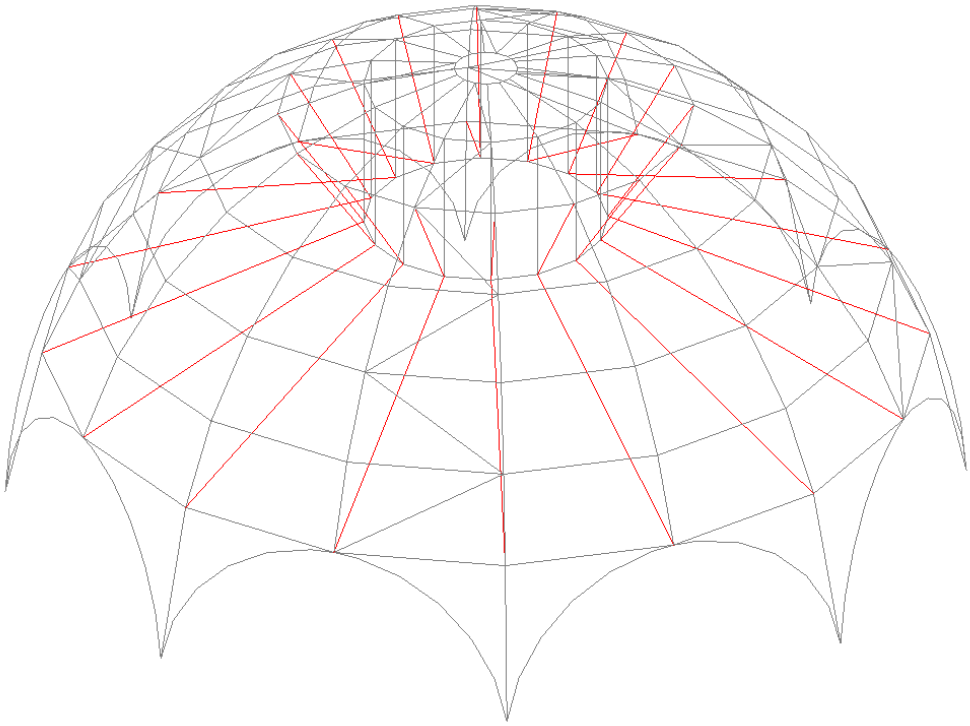


Рис. 1. Пространственная стержневая КЭ-модель ребристо-кольцевого купола (система затяжек выделена красным цветом)

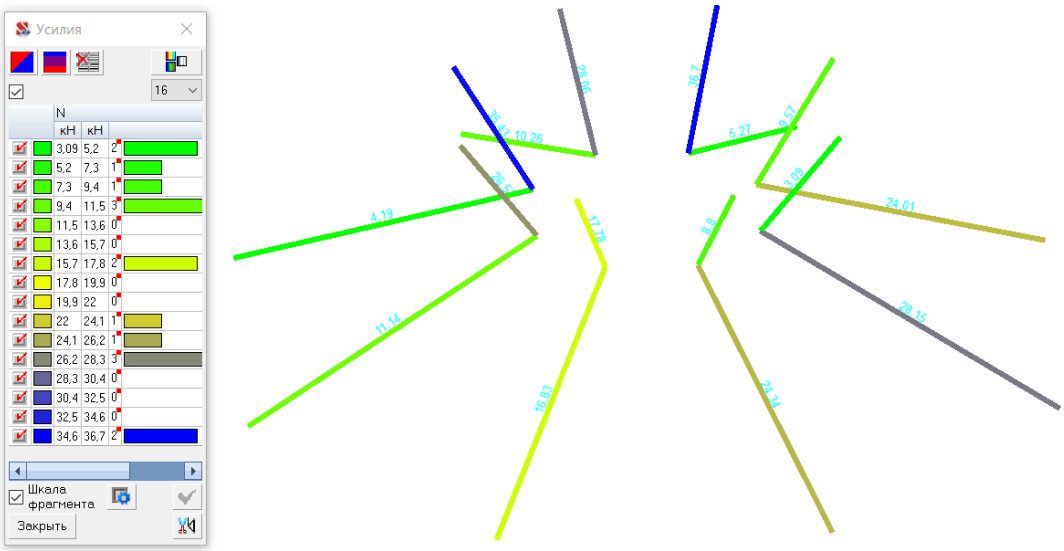



Рис. 2. Цветовое отображение значений продольных усилий в затяжках от комбинации загружений со снегом на половину купола с затяжками через одну одноименную арку, величина преднапряжения 25 кН в верхних и 10 кН в нижних затяжках

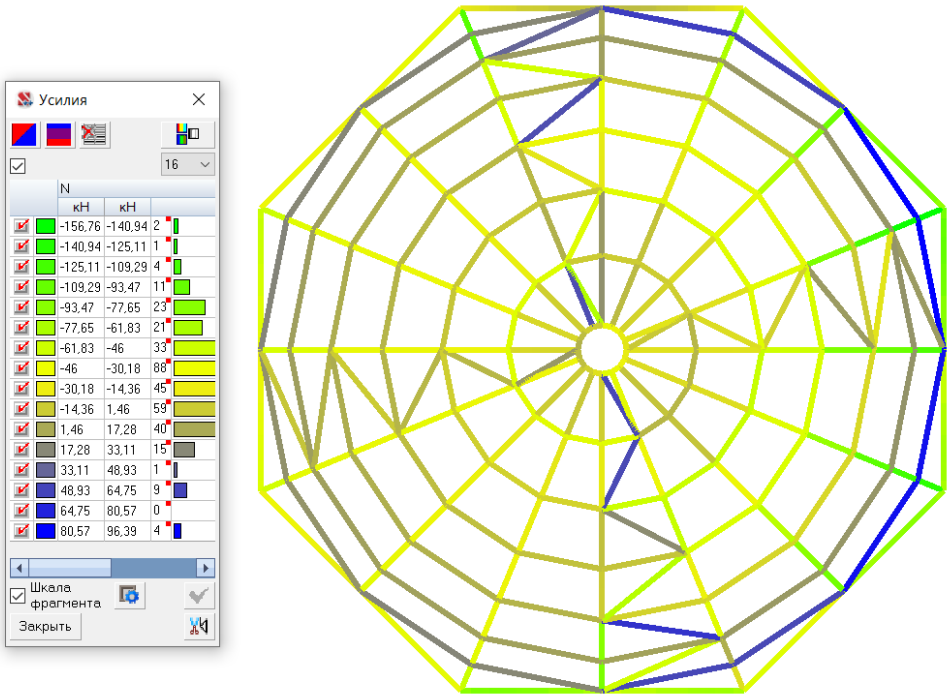



Рис. 3. Цветовое отображение значений продольных усилий в элементах конструкции от комбинации загружений со снегом на половину купола без системы затяжек

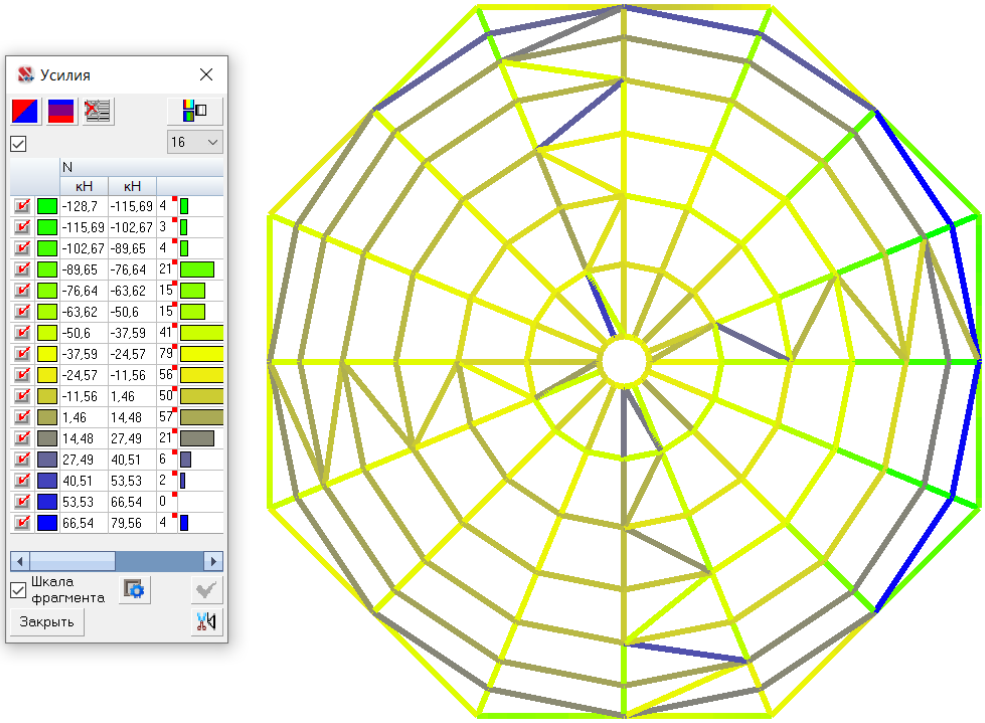



Рис. 4. Цветовое отображение значений продольных усилий в элементах конструкции от комбинации загружений со снегом на половину купола с затяжками через одну одноименную арку, величина преднапряжения 25 кН в верхних и 10 кН в нижних затяжках

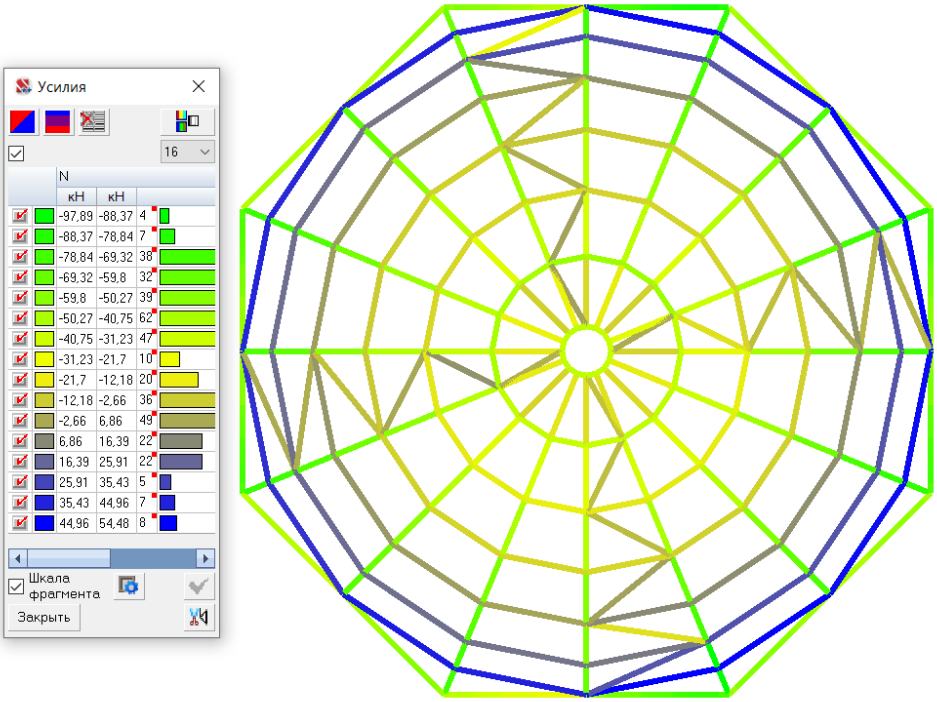



Рис. 5. Цветовое отображение значений продольных усилий в элементах конструкции от комбинации загружений со снегом на весь купол с затяжками через одну одноименную арку, величина преднапряжения 20 кН для верхних и 15 кН для нижних затяжек

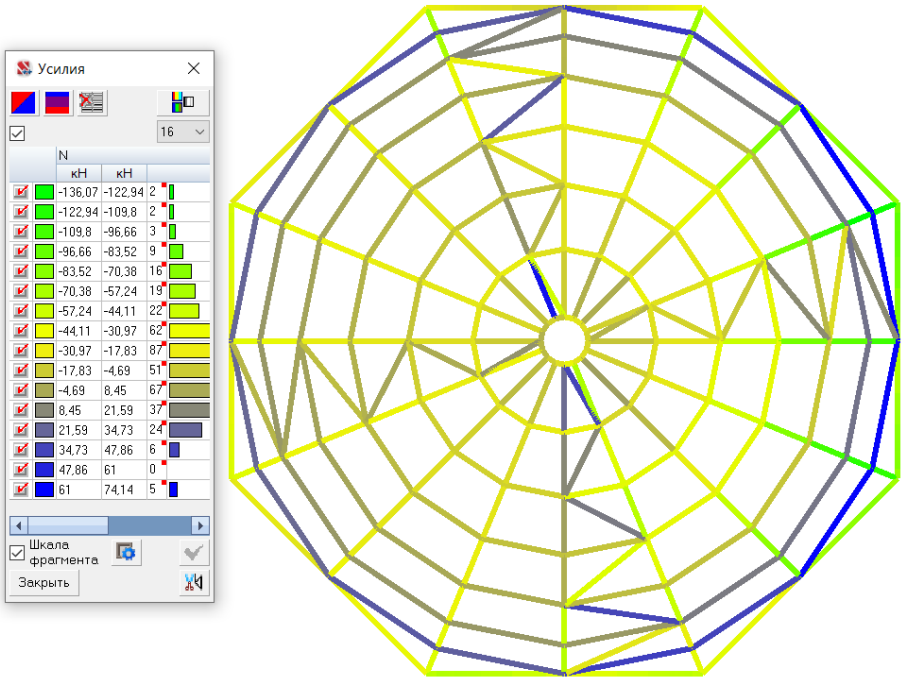



Рис. 6. Цветовое отображение значений продольных усилий в элементах конструкции от комбинации загружений со снегом на половину купола с затяжками в каждой одноименной арке, величина преднапряжения 20 кН для верхних и 15 кН для нижних затяжек

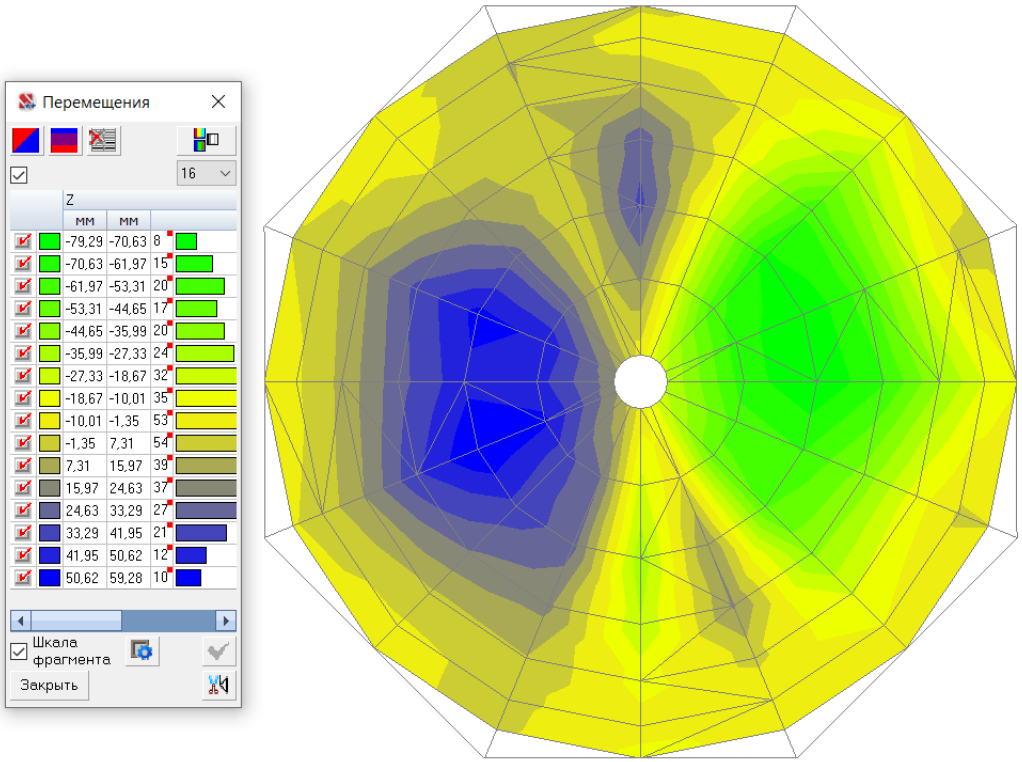



Рис. 7. Цветовое отображение значений перемещений от комбинации загружений со снегом на половину купола без предварительного напряжения затяжек

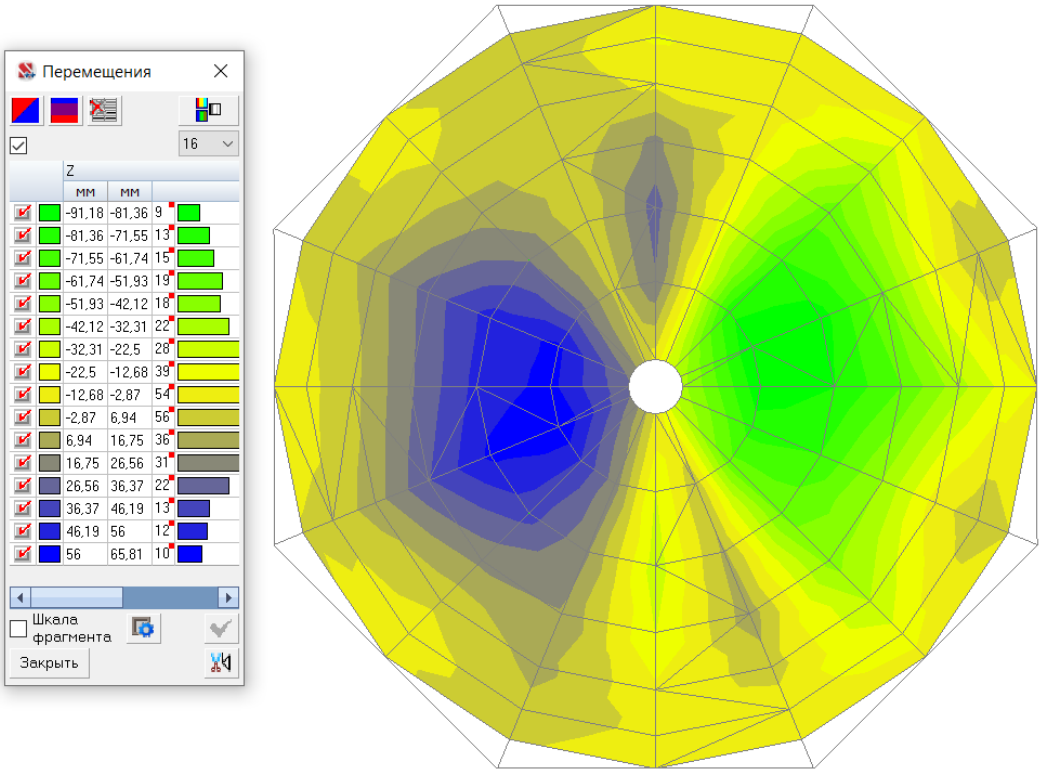



Рис. 8. Цветовое отображение значений перемещений от комбинации загружений со снегом на половину купола с затяжками в каждой одноименной арке, величина преднапряжения 20 кН для верхних и 15 кН для нижних затяжек

Окончание

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Промежу-точные кольца | - | -56,02 | 0,81 | 110×8 | 6470,1 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 20 и 15 кН | -37,23 | 0,27 | □90×5 | 3476,0 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 20 и 15 кН | -44,91 | 0,27 | □90×5 | 3476,0 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 25 и 10 кН | -37,33 | 0,27 | □90×5 | 3476,0 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 25 и 10 кН | -44,94 | 0,27 | □90×5 | 3476,0 |
| Опорные стойки | - | -156,76 | 4,87 | □200×160×6 | 1315,6 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 20 и 15 кН | -130,14 | 1,30 | □150×130×5,5 | 606,3 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 20 и 15 кН | -125,78 | 2,52 | □150×130×5,5 | 606,3 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 25 и 10 кН | -130,12 | 1,31 | □150×130×5,5 | 606,3 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 25 и 10 кН | -125,79 | 2,52 | □150×130×5,5 | 606,3 |
| Опорные арки | - | -104,1 | 43,53 | □260×240×10 | 7675,0 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 20 и 15 кН | -94,16 | 35,06 | □260×240×9 | 6962,1 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 20 и 15 кН | -95,87 | 37,66 | □260×240×9 | 6962,1 |
| | Затяжки в каждой одноименной арке, 25 и 10 кН | -94,16 | 35,08 | □260×240×9 | 6962,1 |
| | Затяжки через одну одноименную арку, 25 и 10 кН | -95,86 | 37,67 | □260×240×9 | 6962,1 |

**Выводы.** Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Применение системы предварительно напряженных затяжек приводит к снижению усилий в элементах купола, что позволяет уменьшить их сечения и, следовательно, металлоемкость. Особенно ощутимо разгружается нижнее опорное кольцо, продольная сила в нем уменьшается на 18 %, а изгибающий момент до 85 %. Промежуточные кольца также разгружаются, в них продольная сила уменьшается на 20 %. В ребрах продольная сила уменьшается в среднем на 10 %. Уменьшаются усилия также в опорных стойках и опорных арках.

2. Для данного варианта купольного покрытия наиболее оптимальная величина предварительного напряжения затяжек исходя из условия не выключения их из работы – 25 кН для верхних и 10 кН для нижних. Возможно уменьшение величины натяжения верхних затяжек до 15 кН, при этом две затяжки выключаются из работы, но это не оказывает существенного влияния на работу всей конструкции.

3. Перемещения точек возрастают, но находятся в пределах допустимых.

4. Несмотря на дополнительные затраты стали на затяжки, их введение в расчетную схему купола приводит к снижению материалоемкости конструкции в среднем на 42 %.

5. Предпочтение следует отдавать системе затяжек через одну одноименную арку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тур, В. И. Купольные конструкции : формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности : учебное пособие / В. И. Тур. – Москва : АСВ, 2004. – 96 с. – ISBN 5-93093-249-2. – Текст : непосредственный.

2. Михайлов, В. В. Предварительно напряженные комбинированные стержневые и вантовые конструкции : учебное пособие. – Москва : АСВ, 2002. – 256 с. – ISBN 5-93093-137-2. – Текст : непосредственный.

3. Трянина, Н. Ю. Исследование работы арочных конструкций с системой наклонных тяг / Н. Ю. Трянина, М. А. Карзанов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2011. – № 2. – С. 16–19.

4. Токарев В. С. Напряженно-деформированное состояние стальных арок с системой наклонных затяжек / В. С. Токарев, Н. Ю. Трянина. – Текст : непосредственный // Результаты фундаментальных и прикладных исследований в области естественных и прикладных наук : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции / Агентство перспективных и научных исследований. – Белгород, 2017. – С. 227–230.

5. Трянина, Н. Ю. Исследование работы ребристо-кольцевых куполов с системой предварительно-напряженных затяжек / Н. Ю. Трянина, Н. А. Репьева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2020. – № 3. – С. 34–39.

6. Глынина, Ю. С. Напряженно-деформированное состояние ребристо-кольцевого купола с системой наклонных тяг / Ю. С. Глынина. – Текст : непосредственный // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В. Г. Шухова. – Белгород, 2023. – Часть 2. – С. 147–151.

7. Geiger, D. Design details of an elliptical cable dome and a lardge span cable dome under construction in the USA : st. O. Kerensky Mem / D. Geiger [et. al] // Conference June. – 1988. – P. 14/3–17/3.

8. Geiger, D. The design and construction of two cable domes for the Korean Olimpics. IASS Osaka 2. – 1986. – P. 265–272.

9. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : свод правил : издание официальное : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 04.06.17 / Минрегион России. – Москва : Минстрой России, 2016. – IV. – 80 с. – Текст : непосредственный.

10. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : свод правил : издание официальное : актуализированная редакция СНиП II -23-81* дата введения 28.08.17 / Минрегион России. – Москва : Стандартинформ, 2017. – V. – 144 с. – Текст : непосредственный.

**TRYANINA Nadezhda Yurevna, candidate of technical sciences, professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; GLYNINA Yuliya Sergeevna, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics**

## THE EFFECT OF A PRESTRESSED TIGHTENING SYSTEM ON THE STRESS-STRAIN STATE OF A RIBBEDRING DOME

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: + 7 (831) 430-54-96;
e-mail: nadial2005@mail.ru
*Key words:* ribbed-ring dome, prestressed tightening system, lower support ring, longitudinal force in the ribs, geometric nonlinearity.

---

*The article presents the results of the numerical study of the operation of the steel rib-ring dome of solid section with various systems of pre-stressed inclined puffs; the stress-strain state of structural elements is assessed, the choice of the best option for material consumption is made, and design recommendations are given.*

---

REFERENCES

1. Tur V. I. Kupolnye konstruktsii: formoobrazovanie, raschyot, konstruirovanie, povyshenie effektivnosti [Dome constructions: shaping, calculation, designing, increasing efficiency]: uchebnoe posobie. – Moscow : ASV, 2004 – 96 p. – ISBN 5-93093-249-2.
2. Mikhaylov V. V. Predvaritelno napryazhyonnye kombinirovannye sterzhnevye i vantovye konstruktsii [Prestressed combined rod and cable-stayed structures] : uchebnoe posobie. – Moscow : ASV, 2002, 256 p. – ISBN 5-93093-137-2.
3. Tryanina N.Yu., Karzanov M. A. Issledovanie raboty arochnykh konstruktsiy s sistemoy naklonnykh tyag [Study of the work of arch structures with a system of inclined rods]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, NNGASU, 2011, № 2. P. 16–19.
4. Tokarev V. S., Tryanina N. Yu. Napryazhyonno-deformirovannoe sostoyanie stalnykh arok s sistemoy naklonnykh zatyazhek [The stress-strain state of steel arches with a system of inclined puffs]. Rezultaty fundamentalnykh i prikladnykh issledovaniy v oblasti estestvennykh i prikladnykh nauk: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezdunarodnoy nauchno-praktitheskoy konferentsii / Agentstvo perspektivnykh i nauchnykh issledovaniy. – Belgorod, 2017. – P. 227–230.
5. Tryanina N. Yu. Repeva N. A. Issledovanie raboty rebristo-kolstevykh kupolov s sistemoy predvaritelno-napryazhyonnykh zatyazhek [Investigation of the operation of ribbed-ring domes with a system of prestressed puffs] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod. – 2020, № 3. – P. 34–39.
6. Glynina Yu. S. Napryazhyonno-deformirovannoe sostoyanie rebristo-koltsevogo kupola s sistemoy naklonnykh tyag [Stress-strain state of a ribbed-ring dome with a system of inclined rods] // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchyonykh BGTU im. V.G. Shukhova, posvyashchyonnaya 170-letiyu so dnya rozhdeniya V.G. Shukhova. Belgorod, 2023. – Ch. 2. – P. 147–151.
7. Geiger D, et. al.: Design details of an elliptical cable dome and a lardge span cable dome under construction in the USA. st. O. Kerensky Mem. Conference June (1988). P. 14/3–17/3.

8. Geiger D, et. al.: The design and construction of two cable domes for the Korean Olimpics. IASS Osaka 2 (1986). P. 265–272.

9. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya [Load and impact]. Svod pravil: aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85* : data vved. 04.06.17 / Minregion Rossii. – Moscow : Minstroy Rossii, 2016. – IV. – 80 p.

10. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruktsii [Steel constructions]. Svod pravil: aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81* : data vved. 28.08.17 / Minregion Rossii. – Moscow : Standartinform, 2017. – V. – 144 p.

**© Н. Ю. Трянина, Ю. С. Глынина, 2024**

Получено: 09.01.2024 г.

**УДК 624.042.41:69.032.22**

**А. П. ПОМАЗОВ, аспирант кафедры теории сооружений и технической механики, ассистент кафедры строительных конструкций; О. В. ФУРСА, студент; Н. Ю. ТРЯНИНА, канд. техн. наук, проф. кафедры теории сооружений и технической механики**

# СРАВНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КОМПЛЕКСА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
Тел.: (831) 430-54-96, +7 (915) 947-36-25; эл. почта: pomazov.a.p@yandex.ru
*Ключевые слова:* многофункциональный комплекс, высотное здание, динамические расчеты сооружений, собственные колебания, динамические воздействия, численный эксперимент, расчетные модели.

*Приводится сравнение динамических расчетных моделей при анализе собственных колебаний многофункционального комплекса сложной геометрии, состоящего из двух высотных зданий, соединенных между собой надземным переходом. Предложены два варианта расчетных схем: интегрированная и дифференцированная, при расчете которых численно-аналитическим методом были определены динамические характеристики комплекса – частота и форма собственных колебаний. Приведены и сопоставлены результаты расчетов по обеим расчетным моделям, отмечены их особенности и сделаны выводы.*

**Введение.** При проектировании высотных зданий особо остро встает вопрос расчета на динамические воздействия, к которым в первую очередь относятся пульсационная составляющая ветрового давления и сейсмические воздействия. Данные воздействия напрямую связаны с силами инерции, возникающими при горизонтальных колебаниях здания, в связи с чем при расчете высотных зданий неизбежно определение и анализ форм и частот собственных колебаний систем.

Согласно существующим нормам проектирования [1], расчет зданий и сооружений необходимо производить с учетом пульсаций ветра, поскольку ветровая нагрузка может изменяться как по модулю, так и по направлению. В зданиях повышенной высотности ветровое давление наиболее ощущается в напряженно-деформированном состоянии конструктивных элементов, так, например, в колоннах верхних этажей возникают значительные величины изгибающих моментов. Помимо учета ветра при расчете зданий и их отдельных элементов на прочность, жесткость и устойчивость, в высотных зданиях особое внимание уделяется динамической комфортности людей, пребывающих внутри и снаружи здания.

Рекомендации нормативных документов [1] не подразумевают возможности аналитического определения динамических характеристик, а, следовательно, и пульсационной составляющей ветровой нагрузки для зданий нетиповой конфигурации. При расчете зданий для определения частот и форм колебаний неизбежно применение программно-вычислительных комплексов и создание расчетной схемы здания. Отдельное внимание должно уделяться грамотному

# К СТАТЬЕ, А. П. ПОМАЗОВА, О. В. ФУРСА, Н. Ю. ТРЯНИНОЙ «СРАВНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КОМПЛЕКСА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ»

Рис. 1. Общий вид проектируемого в выпускной квалификационной работе многофункционального делового комплекса

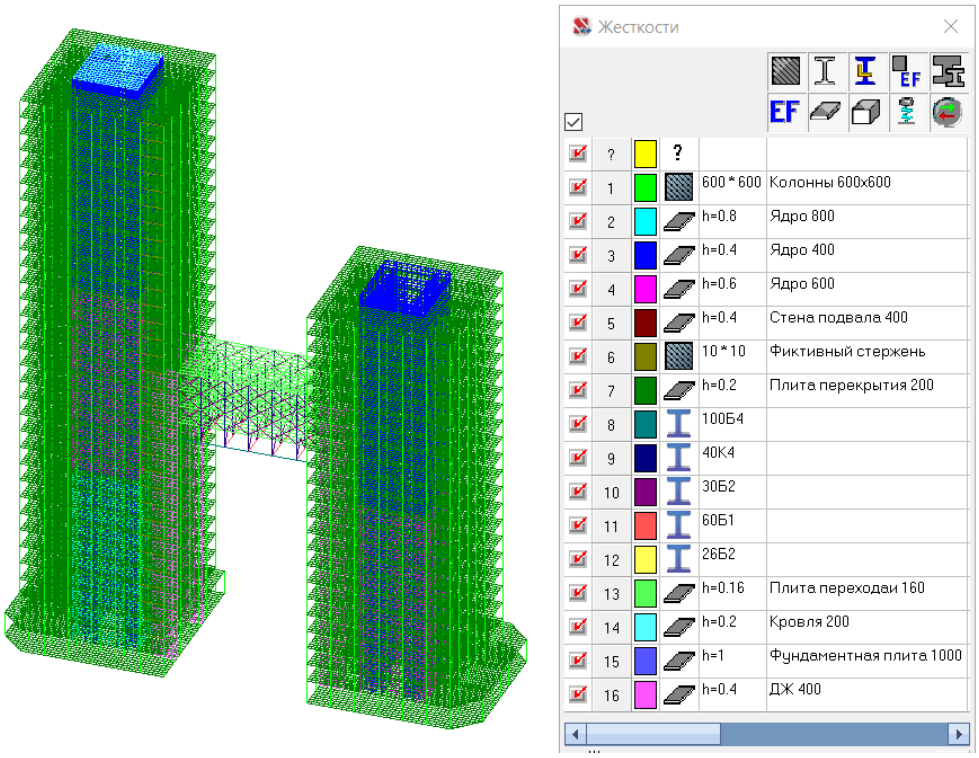



Рис. 2. Интегрированная расчетная схема в ПВК *SCAD Office* с принятыми жесткостными характеристиками

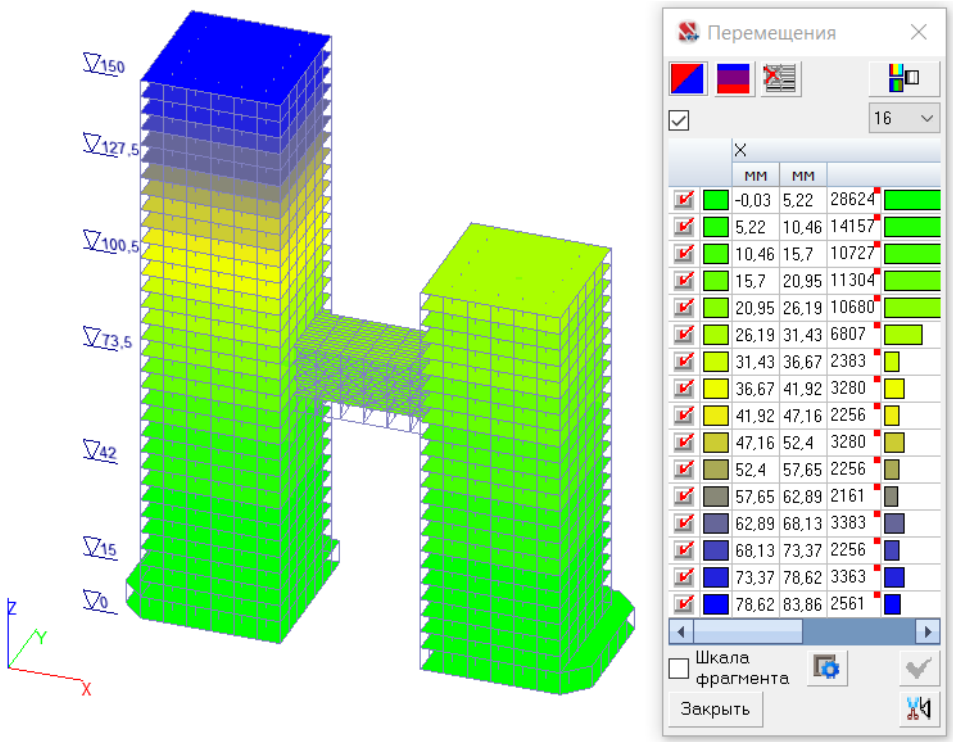



Рис. 3. Перемещения $\Delta_{ij}$ вдоль оси $X$ от горизонтальной силы $P = g \cdot A$ в уровне 2-й массы

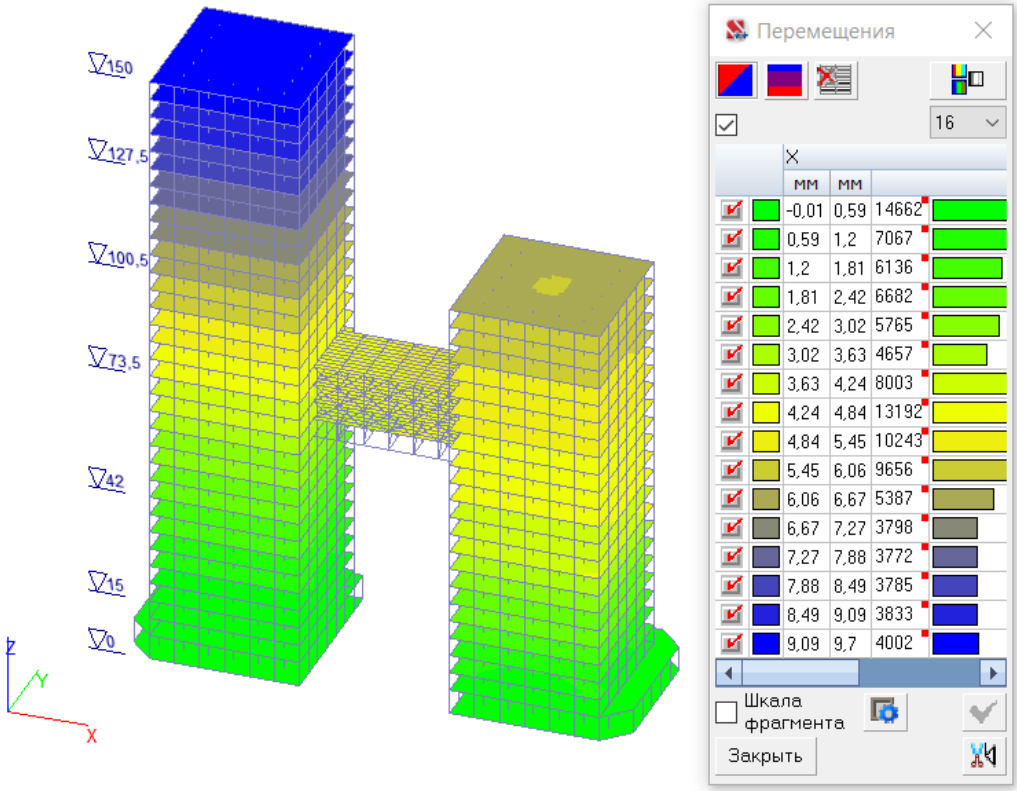



Рис. 4. Перемещения $\Delta_{ij}$ вдоль оси $X$ от горизонтальной силы $P = g \cdot A$ в уровне 8-й массы

выбору динамической расчетной схемы сооружения, которая должна наиболее полно отражать жесткостные и инерционные характеристики элементов, позволяющие описать перемещения конструкции [2]. Целью настоящей работы является сравнение динамических расчетных схем здания сложной геометрии и анализ полученных динамических характеристик.

**Материалы и методы.** Объектом исследования является проектируемый в выпускной квалификационной работе многофункциональный комплекс в г. Казань, представляющий собой два высотных здания (высотой 155,70 и 110,70 м), соединенных между собой трехэтажной пролетной конструкцией (пролет 36 м, отм. низа +59,04 м) [3]. Высотные части комплекса запроектированы в монолитном железобетонном каркасе с каркасно-ствольной конструктивной системой, пролетная часть – в металлическом каркасе (рис. 1 цв. вклейки).

Для определения собственных колебаний представленного комплекса были созданы расчетные модели в программно-вычислительном комплексе *SCAD Office*, основанном на методе конечных элементов (рис. 2 цв. вклейки).

При расчете форм собственных колебаний по ***интегрированной модели*** высотные части комплекса рассматриваются как два консольно-защемленных стержня, соединенные между собой горизонтальным ригелем (пролетная конструкция). Жесткость ригеля имеет конечную величину, но ее значение велико по сравнению с изгибной жесткостью железобетонного каркаса высотных частей.

Реальное здание имеет бесконечное число элементарных масс, распределенных по всему объему здания. В инженерной практике при динамическом расчете многоэтажных каркасных зданий распределенные объемные и поверхностные нагрузки заменяются сосредоточенными в уровнях перекрытий массами [4, 5]. В случае с высотным зданием сосредоточение масс в уровнях перекрытий все равно образует систему с большим числом динамических степеней свободы, что является достаточно сложной инженерной задачей, решение которой может привести к некорректным формам собственных колебаний. В исследовании [6] рассмотрены точная и упрощенная расчетные схемы большепролетного покрытия здания велодрома и показано, что сокращение числа степеней свободы (уменьшение числа сосредоточенных масс) с допустимой инженерной точностью дает верный результат, но значительно упрощает задачу и позволяет проанализировать полученное решение. В связи с этим для упрощения задачи распределенные массы заменяются сосредоточенными массами $M_1$, $M_2$, …, $M_9$, расположенными в уровнях перекрытий на отметках +15,00; +42,00; +73,50; +100,50; +127,50; +150,00 (рис. 1). Так, рассматриваемая в данной задаче система имеет 9 степеней свободы.

Сосредоточенные массы для определения собственных частот колебаний собираются с укрупненных блоков по 5-6 этажей, при этом в соответствии с пп. 11.1.8 [1] принимаются нормативные значения постоянных, длительных и кратковременных нагрузок. Кратковременные нагрузки на перекрытия переводятся в массы с учетом доли длительности 0,35, поскольку одномоментное действие полного значения маловероятно. В общем случае при определении форм собственных колебаний необходимо учитывать несколько вариантов распределения масс – с учетом снеговой нагрузки (для зимнего периода) и без учета (для летнего периода), однако в случае расчета высотного здания снеговая

нагрузка составляет крайне незначительную долю в общей массе, поэтому рассматривается только один вариант распределения масс.

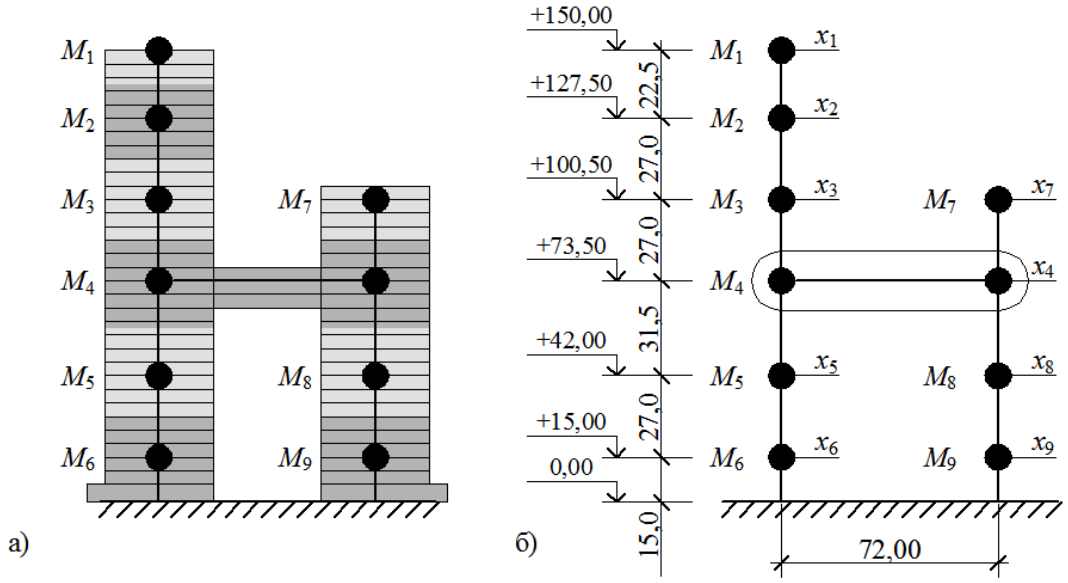



Рис. 1. Схема расположения сосредоточенных масс (*а*) и интегрированная расчетная схема высотного комплекса (*б*); $M_1$, $M_2$, …, $M_9$ – сосредоточенные массы; $x_1$, $x_2$, …, $x_9$ – обощенные координаты

Составляется диагональная матрица масс $\{M\}$, т:

$$\{M\} = \begin{pmatrix} 4390 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 9103 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10105 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4390 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 9103 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10105 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4390 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9103 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10105 \end{pmatrix}, \text{т.}$$

Для составления матрицы податливости $\{\delta\}$ в ПВК *SCAD* на расчетную схему в уровне каждой массы на перекрытие задается распределенная нагрузка интенсивностью $g_n$, и в результате численного расчета определяются линейные перемещения $\Delta_{ij}$ масс $M_i$ от воздействия $P_j = g_n \cdot A_j$, где $A_j$ – площадь $j$-го перекрытия (рис. 3, 4 цв. вклейки). Удельные перемещения $\delta_{ij}$ получаются из полученных $\Delta_{ij}$ путем деления на $P_j = g_n \cdot A_j$ (рис. 2).

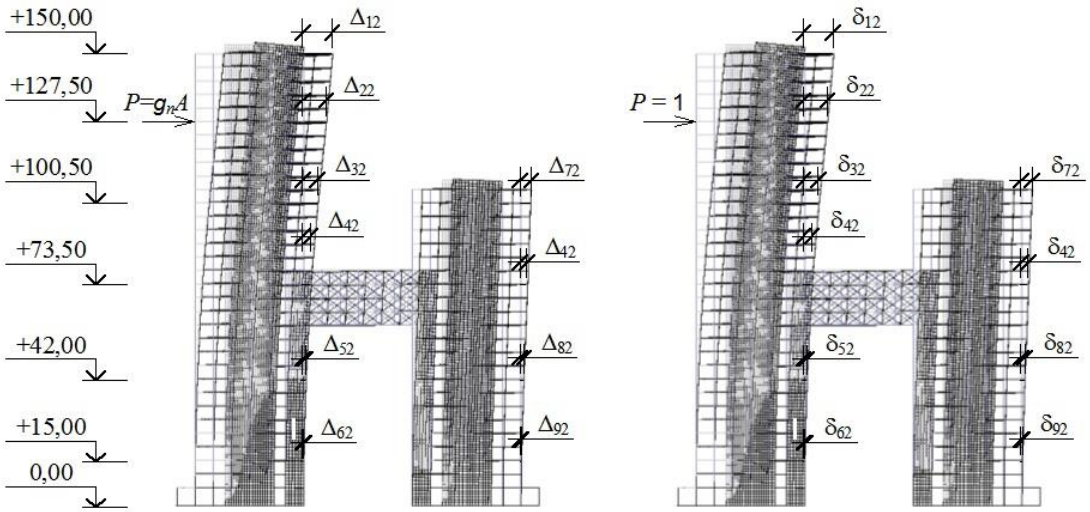



Рис. 2. Деформированная расчетная схема для определения удельных перемещений $\delta_{ij}$ сосредоточенных масс (на примере массы $M_2$).

$$\{\delta\} = \frac{\{\Delta\}}{P} = \frac{\{\Delta\}}{g_{\text{п}} \cdot A} =$$

$$= 10^{-8}\begin{pmatrix} 615{,}90 & 454{,}29 & 277{,}53 & 131{,}83 & 45{,}33 & 6{,}04 & 177{,}36 & 53{,}06 & 10{,}06 \\ 454{,}29 & 355{,}56 & 226{,}01 & 111{,}22 & 39{,}98 & 5{,}75 & 149{,}71 & 44{,}88 & 8{,}52 \\ 277{,}53 & 226{,}01 & 162{,}99 & 86{,}15 & 33{,}49 & 5{,}40 & 115{,}93 & 34{,}93 & 6{,}64 \\ 131{,}83 & 111{,}22 & 86{,}15 & 60{,}64 & 25{,}71 & 4{,}86 & 87{,}19 & 26{,}06 & 4{,}95 \\ 45{,}33 & 39{,}98 & 33{,}49 & 25{,}71 & 20{,}01 & 4{,}81 & 34{,}73 & 10{,}85 & 2{,}08 \\ 6{,}04 & 5{,}75 & 5{,}40 & 4{,}86 & 4{,}81 & 4{,}16 & 6{,}59 & 2{,}13 & 0{,}40 \\ 177{,}36 & 149{,}71 & 115{,}93 & 87{,}19 & 34{,}73 & 6{,}69 & 174{,}58 & 33{,}24 & 5{,}20 \\ 53{,}06 & 44{,}88 & 34{,}93 & 26{,}06 & 10{,}85 & 2{,}13 & 33{,}24 & 21{,}70 & 5{,}45 \\ 10{,}06 & 8{,}52 & 6{,}64 & 4{,}95 & 2{,}08 & 0{,}40 & 5{,}20 & 5{,}45 & 4{,}86 \end{pmatrix}, \frac{\text{м}}{\text{Н}}.$$

Круговые частоты собственных колебаний ω определяются из решения векового уравнения, выражающего равенство нулю определителя матрицы, составленной из коэффициентов при неизвестных амплитудах колебаний масс в уравнении собственных колебаний [7]:

$$detW = \left|\{\delta\} \cdot \{M\} - \left\{\frac{1}{\omega^2}\right\}\right| = 0. \qquad (1)$$

Уравнение колебаний системы имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \left(\delta_{11}M_1 - \dfrac{1}{\omega^2}\right)a_1 + \delta_{12}M_2a_2 + \cdots + \delta_{19}M_9a_9 = 0; \\ \delta_{21}M_1a_1 + \left(\delta_{22}M_2 - \dfrac{1}{\omega^2}\right)a_2 + \cdots + \delta_{29}M_9a_9 = 0\ ; \\ \cdots \\ \delta_{91}M_1a_1 + \delta_{92}M_2a_2 + \cdots + \left(\delta_{99}M_9 - \dfrac{1}{\omega^2}\right)a_9 = 0. \end{cases} \qquad (2)$$

Ввиду недостатка начальных условий численное решение системы уравнений (2) не позволяет определить значения амплитуд, однако, можно

определить их соотношения, выразив все амплитуды через одну, принятую за единицу ($a_{1k} = 1$), т. е. определить коэффициенты формы $\varphi_{ik} = a_{ik}/a_{1k}$, где $i$ – индекс, обозначающий номер массы, $k$– номер формы. Данные соотношения определяются только жесткостными и инерционными свойствами механической системы, оставаясь постоянными при колебаниях с каждой из собственных частот ω, и не зависят от начальных условий. Так, система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} \left(\delta_{11}M_1 - \dfrac{1}{\omega^2}\right) + \delta_{12}M_2\varphi_{2k} + \cdots + \delta_{19}M_9\varphi_{9k} = 0; \\ \delta_{21}M_1 + \left(\delta_{22}M_2 - \dfrac{1}{\omega^2}\right)\varphi_{2k} + \cdots + \delta_{29}M_9\varphi_{9k} = 0; \\ \cdots \\ \delta_{91}M_1 + \delta_{92}M_2\varphi_{2k} + \cdots + \left(\delta_{92}M_9 - \dfrac{1}{\omega^2}\right)\varphi_{9k} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

При расчете форм собственных колебаний по ***дифференцированной модели*** колебания первой и второй башни рассматриваются в отдельных расчетных схемах (рис. 3). Особенностью данного расчета является введение в расчетную схему упругих связей в уровне надземного перехода, имитирующих влияние одного здания на другое.

Жесткостными характеристиками упругих опор являются коэффициенты жесткости (величины, обратные податливости δ) $c_1$ и $c_2$, равные величине силы, необходимой для смещения поперечного сечения стержня на единицу $c = P/\Delta_x$. Для данных расчетных схем коэффициенты жесткости определяются численным методом в ПВК *SCAD Office*.

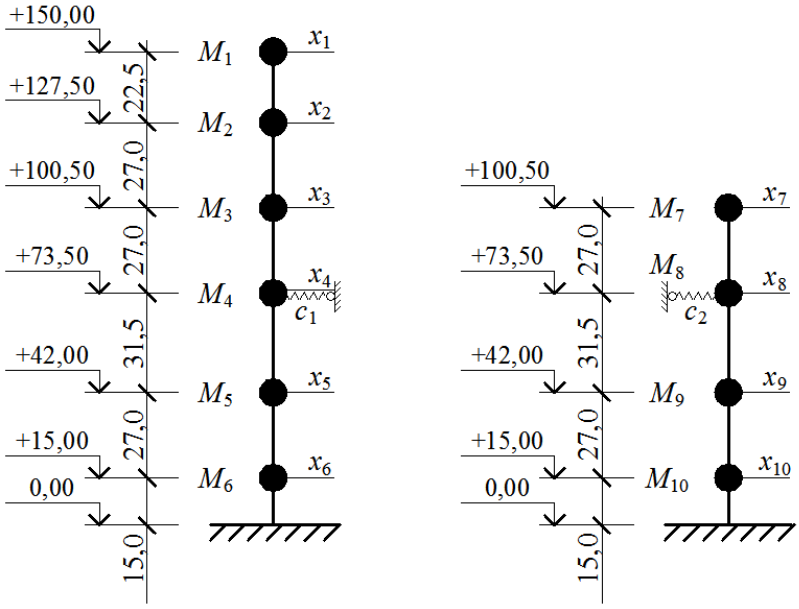



Рис. 3. Дифференцированная расчетная схема высотного комплекса: $M_1$, $M_2$, …, $M_{10}$ – сосредоточенные массы; $x_1$, $x_2$, …, $x_{10}$ – обощенные координаты; $c_1$, $c_2$ – коэффициенты жесткости упругих опор

**Результаты исследования.** Результаты определения круговых частот собственных колебаний ω по формуле (1), полученные из расчета по интегрированной расчетной схеме, приведены в табл. 1. Также были определены частоты *f* и периоды *T* собственных колебаний.

При решении прикладных инженерных задач наиболее важной является первая частота собственных колебаний $\omega_1$, поскольку форма собственных колебаний, соответствующая первой частоте, – первая главная форма – является наиболее вероятной.

Аналогично был произведен расчет форм собственных колебаний раздельно для каждой башни (дифференцированные модели) с учетом влияния башен друг на друга в виде связей конечной жесткости. По результатам расчета (табл. 1 и 2) построены формы колебаний для башни высотой 155,7 м (рис. 5). Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что динамический расчет по двум различным расчетным моделям дает различные результаты, однако, первая частота, соответствующая главной форме собственных колебаний, имеет достаточно близкие значения как при расчете по интегрированной модели комплекса, так и при раздельном рассмотрении колебаний более высокой башни, поскольку она является доминантной.

Таблица 1

**Динамические характеристики и коэффициенты форм собственных колебаний (ФСК) при расчете комплекса по интегрированной модели и при расчете башни высотой 155,7 м по дифференцированной модели**

| ФСК | Динамические характеристики | | | Коэффициенты форм собственных колебаний для масс | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ω, рад/с | *f*, Гц | *T*, с | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 3,305<br>3,249<br>(1,7 %) | 0,526<br>0,517 | 1,901<br>1,934 | 1<br>1<br>(0 %) | 1,670<br>1,561<br>(6,5 %) | 1,248<br>1,051<br>(15,8 %) | 0,888<br>0,612<br>(30,1 %) | 0,311<br>0,167<br>(46,3 %) | 0,054<br>0,091<br>(68,5 %) | 0,824<br>— | 0,339<br>— | 0,110<br>— |
| 2 | 7,988<br>11,575<br>(44,9%) | 1,271<br>1,842 | 0,787<br>0,543 | 1<br>1<br>( | 0,679<br>0,386 | -0,112<br>-1,466 | -0,983<br>-2,498 | -0,499<br>-1,690 | -0,139<br>-0,492 | -1,975<br>— | -0,401<br>— | -0,045<br>— |
| 3 | 17,851<br>21,919<br>(22,8%) | 2,841<br>3,489 | 0,352<br>0,287 | 1<br>1 | -3,433<br>-0,467 | 0,345<br>-1,929 | 3,780<br>0,270 | 3,682<br>2,744 | 1,170<br>1,231 | -4,208<br>— | 4,306<br>— | 1,405<br>— |

Примечание. Над чертой приведены значения для интегрированной расчетной модели, под чертой – для дифференцированной расчетной модели; в скобках указано процентное соотношение результатов.

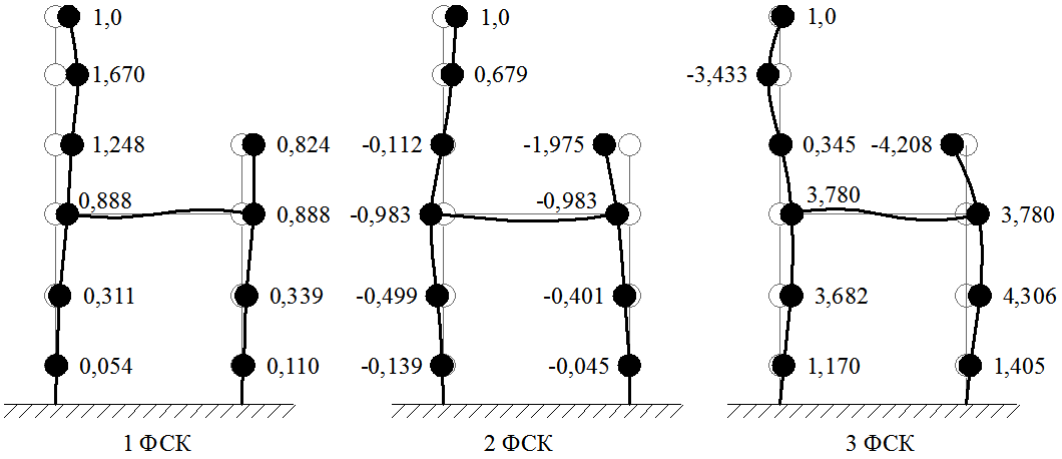



Рис. 4. Формы собственных колебаний комплекса при расчете по интегрированной модели

Таблица 2

**Динамические характеристики и коэффициенты форм собственных колебаний (ФСК) при расчете комплекса по интегрированной модели и при расчете башни высотой 111,7 м по дифференцированной модели**

| ФСК | Динамические характеристики | | | Коэффициенты форм собственных колебаний для масс | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ω, рад/с | *f*, Гц | *T*, с | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 3,305<br>7,381<br>(55,2%) | 0,526<br>1,175 | 1,901<br>0,851 | 0,824<br>1<br>(17,6 %) | 0,888<br>1,724<br>(48,5 %) | 0,339<br>0,497<br>(31,8 %) | 0,110<br>0,104<br>(5,8 %) |
| 2 | 7,988<br>17,859<br>(55,3%) | 1,271<br>2,842 | 0,787<br>0,352 | -1,975<br>1 | -0,983<br>-2,498 | -0,401<br>-1,731 | -0,045<br>-0,785 |
| 3 | 17,851<br>29,077<br>(38,6%) | 2,841<br>4,628 | 0,352<br>0,216 | -4,208<br>1 | 3,780<br>0,270 | 4,306<br>1,608 | 1,405<br>1,324 |

Примечание. В числителе дроби приведены значения для интегрированной расчетной модели, в знаменателе – для дифференцированной расчетной модели; в скобках указано процентное соотношение результатов

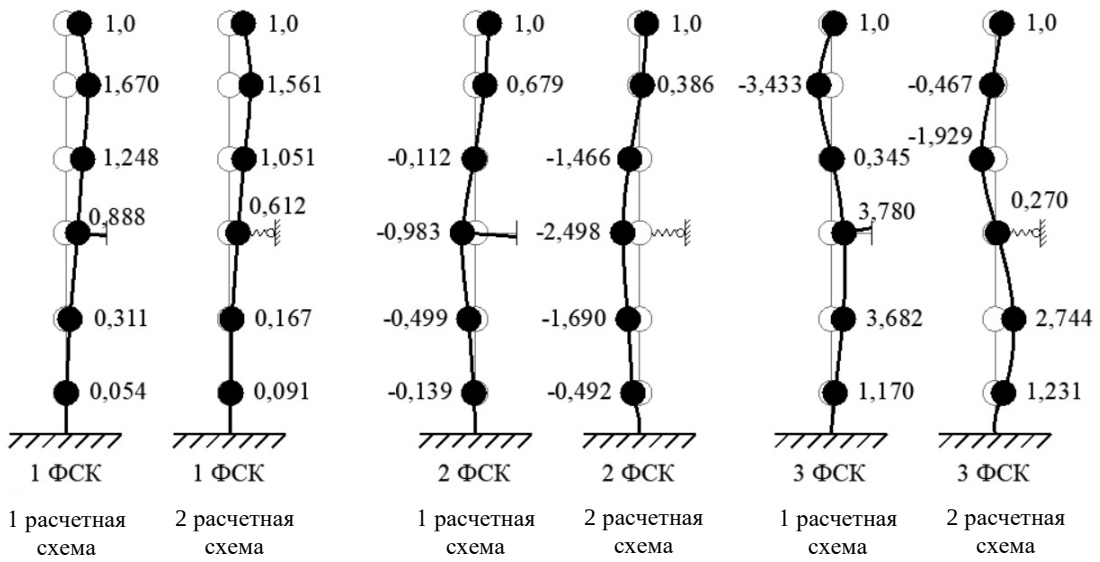



Рис. 5. Формы собственных колебаний башни высотой 155,7 м при расчете по расчетным схемам: интегрированной (1 расчетная схема) и дифференцированной (2 расчетная схема)

Дифференцированный расчет второй башни предсказуемо дает более высокие частоты, поскольку при аналогичной эквивалентной жесткости, здание имеет меньшую высоту и длину «свободной» части выше надземного перехода, который оказывает влияние на жесткость системы и формы колебаний.

**Заключение и выводы.** Несмотря на удобство проведения расчета по дифференцированной расчетной модели с упругими связями, которая имеет меньше степеней динамической свободы, расчет усложняется необходимостью определять значение жесткостей упругих опор численным методом, что не позволяет избежать создания общей расчетной схемы комплекса. Интегрированная модель позволяет наиболее полно учесть жесткостные и инерционные свойства механической системы, а также имеет меньше упрощений, принятых в расчете, по сравнению с дифференцированной схемой. Тем не менее сравнение результатов расчетов по обеим расчетным схемам показало совпадение главной частоты и главной формы, что говорит о том, что в первом приближении инженерный расчет можно делать в раздельной постановке с последующим уточнением по интегрированной схеме.

В заключение следует отметить, что выбор расчетной схемы всегда является наиболее сложным и ответственным этапом расчета и проектирования зданий и их комплексов, особенно этот вопрос актуален при проектировании уникальных зданий и сооружений. Для высотных зданий отдельной важной задачей выделяются динамические расчеты сооружений, поскольку учет инерционных сил, возникающих при динамических воздействиях, оказывает значительное влияние на усилия в конструкциях, а также на уровень динамической комфортности, определяющийся путем анализа ускорений и перемещений верхних перекрытий здания. Современные программно-вычислительные комплексы позволяют автоматизировано производить модальный анализ, определять формы и частоты собственных колебаний, однако, наряду с главными

формами, программа может выдавать паразитирующие формы или второстепенные формы колебаний отдельных частей системы.

Рассмотренный в данной работе объект – комплекс, состоящий из двух высотных зданий, объединенных надземным переходом, не имеет аналогов в нормативной документации по сбору нагрузок, и определение форм собственных колебаний требует вариантного рассмотрения расчетных динамических моделей и анализа частотных характеристик. Вместе с этим в настоящее время подобная идея формы здания приобретает популярность в архитектурном проектировании и градостроительных концепциях, например, проектируемые жилые комплексы премиум-класса “*hideOUT*” и «Событие.4» в Москве или Благовещенские башни строящегося жилого комплекса *GloraX Premium* Черниговская на набережной Оки в Нижнем Новгороде, что подтверждает актуальность темы и необходимость вариантного исследования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-комунального хозяйства Российской Федерации от 03 декабря 2016 г. № 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 04 июня 2017 г. : [редакция от 31.05.2022]. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 08.12.2023). – Текст : электронный.

2. Emanov, A. F. Natural oscillations of a tower-type high-rise building: modes of horizontal, vertical and rotational oscillations according to the standing wave method and verification of the computational model / A. F. Emanov, A. M. Belostotsky, A. A. Bakh [et al.] // Problems of Engineering Seismology. – 2022. – Volume 49. – № 2. – С. 5–40. – DOI: 10.21455/VIS2022.2-1.

3. Помазов, А. П. Многофункциональный комплекс в городе Казани / Помазов Артем Павлович ; руководитель ВКР А. А. Филиппов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ИСФ, Кафедра строительных конструкций. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – 1 CD ROM. – Текст : электронный.

4. Методы определения собственных частот многоэтажных зданий / Б. Б. Лампси, П. А. Хазов, О. М. Кофорова, А. А. Генералова. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2016. – № 19. – С. 176–180.

5. Динамика строительных конструкций при экстремальных природных воздействиях : колебания, прочность, ресурс : монография / П. А. Хазов, Д. А. Кожанов, А. М. Анущенко, А. А. Сатанов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – 96 с. – IBSN 978-5-528-00475-4. – Текст : непосредственный.

6. Сравнение динамических расчетных моделей при определении частот и форм собственных колебаний большепролетной стальной фермы покрытия здания велодрома / П. А. Хазов, Н. И. Молодушная, Б. Б. Лампси [и др.]. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 2. – С. 16-24.

7. Рутман, Ю. Л. Динамика сооружений : сейсмостойкость, сейсмозащита, ветровые нагрузки : монография / Ю. Л. Рутман, Н. В. Островская ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университе. – Санкт-Петербург, 2019. – 253 с. – IBSN 978-5-9227-0929-3. – Текст : непосредственный.

**POMAZOV Artyom Pavlovich, postgraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics, assistant of the chair of building structures; FURSA Olga Vitalevna, student; TRYANINA Nadezhda Yurevna, candidate of technical sciences, professor of the chair of theory of structures and technical mechanics**

# COMPARISON OF INTEGRATED AND DIFFERENTIATED CALCULATION MODELS IN THE ANALYSIS OF NATURAL OSCILLATIONS OF A COMPLEX OF HIGH-RISE BUILDINGS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96, +7 (915) 947-36-25; e-mail: pomazov.a.p@yandex.ru
*Key words:* multifunctional complex, high-rise building, dynamic calculations of structures, own oscillations, dynamic effects, numerical experiment, calculation models.

*The article presents a comparison of dynamic calculation models in the analysis of natural oscillations of a multifunctional complex of complex geometry consisting of two high-rise buildings connected by an aboveground passage. Two variants of calculation schemes are proposed – integrated and differentiated, in the calculation of which the dynamic characteristics of the complex - the frequency and shape of natural oscillations – were determined numerically and analytically. The results of calculations for both calculation models are presented and compared, their features are noted and conclusions are drawn.*

REFERENCES

1. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya [Loads and effects]: svod pravil: utverzhdyon i vved. v deystvie Prikazom Min-va stroit. i zhilischno-kommun. khozyaystva RF ot 03 dekabrya 2016 g. № 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85* : data vved. 04 iyunya 2017 g. : [red. ot 31.05.2022] – URL: http://www.consultant.ru (data obrascheniya: 08.12.2023).

2. Emanov A. F., Belostotsky A. M., Bakh A. A., et al. Natural oscillations of a tower-type high-rise building: modes of horizontal, vertical and rotational oscillations according to the standing wave method and verification of the computational model // Problems of Engineering Seismology. 2022. Vol. 49. № 2. P. 5-40. DOI: 10.21455/VIS2022.2-1.

3. Pomazov A. P. Mnogofunktsionalny kompleks v gorode Kazani [Multifunctional complex in the city of Kazan] ; ruk. VKR A.A. Filippov; Nizhegor. gos. arkhit.-stroit. un-t, ISF, Kaf. stroitelnykh konstruktsiy. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2022.

4. Lampsi B. B., Khazov P. A., Koforova O. M., Generalova A. A. Metody opredeleniya sobstvennykh chastot mnogoetazhnykh zdaniy [Methods for determining the natural frequencies of multi-storey buildings] // Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk. – 2016. – № 19. – P. 176–180.

5. Khazov P. A., Kozhanov D. A., Anushchenko A. M., Satanov A. A. Dinamika stroitelnykh konstruktsiy pri ekstremalnykh prirodnykh vozdeystviyakh: kolebaniya, prochnost, resurs [Dynamics of building structures under extreme natural influences: fluctuations, strength, resource]: monografiya // Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2022. – 96 p. – IBSN 978-5-528-00475-4.

6. Khazov P. A., Molodushnaya N. I., Lampsi B. B., et al. Sravnenie dinamicheskikh raschyotnykh modeley pri opredelenii chastot i form sobstvennykh kolebaniy bolsheprolyotnoy stalnoy fermy pokrytiya zdaniya velodroma [Comparison of dynamic computational models in determining frequencies and forms of natural vibration of the large-span steel truss of the

velodrome building roofing] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2019. – № 2. – P. 16–24.

7. Rutman Yu. L., Ostrovskaya N. V. Dinamika sooruzheniy: seysmostoykost, seysmozashchita, vetrovye nagruzki [Dynamics of structures: seismic resistance, seismic protection, wind loads]: monografiya // Sankt-Peterburg. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Saint-Petersburg, 2019. – 253 p. – IBSN 978-5-9227-0929-3.

© **А. П. Помазов, О. В. Фурса, Н. Ю. Трянина, 2024**

Получено: 18.01.2024 г.

**УДК [691.3 +669.14]: 621.643**

**KHAZOV Pavel Alekseevich[1], candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; SHKODA Irina Vasilyevna, postgraduate student[2], senior teacher of the chair of theory of structures and technical mechanics[1]; KUDRIAVTSEV Artem Evgenievich[1], student**

# STRENGTH AND STABILITY OF MODELS OF TUBE-CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE COLUMNS

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: khazov.nngasu@mail.ru
[2]Mechanical Engineering Research Institute of the RAS – Branch of "Federal Research Center A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences"
85, Belinsky St., Nizhny Novgorod, Russia. Tel.: +7 (831) 432-03-00;
e-mail: ShkodaIrinVasil@yandex.ru
*Key words:* pipe concrete, composite materials, destruction, loss of stability, triaxial compression of concrete.

*The results previously obtained and published by the authors in various publications are summarized. The general normative method of calculation of reinforced concrete and concrete filled steel tube structures is analyzed, the necessity of carrying out model and field experiments describing deformation, destruction and loss of stability of compressed tube concrete structures is justified. The presence of mutual reinforcement of the components of the system is revealed, which leads to a nonlinear increase in load-bearing capacity, which is characteristic of composite materials actively used in various technical systems.*

**Introduction.** In recent decades, large-sized concrete-filled steel tube structures have been widely used in underground and hydraulic engineering buildings. The use of tubes as a fixed formwork, as well as a casing that limits the ability of concrete to collapse in the transverse direction, turned out to be very effective and capable of increasing the bearing capacity by tens of percent. Nevertheless, the use of concrete-filled steel tubeelements in ground construction is very uncommon and is limited mainly to high-rise buildings. The characteristic cross-sectional size in such structures is rarely less than 1000 mm, which drastically limits the use in industrial and civil facilities - such material costs turn out to be extremely high. The study of the properties of concrete-filled steel tube structures, as well as the behavior of concrete-filled steel tube elements of significant diameters under the influence of various kinds of loads in the world scientific community is given great attention [1–14].

Unlike their predecessors, the authors of the article believe that the use of concrete-filled steel tube structures with small-sized (up to 500 mm) sections can be extremely effective if the list of requirements includes the following at the same time:

1) maintaining increased bearing capacity;
2) resistance to the accumulation of damage and micro-defects of various nature;
3) impact resistance;
4) damping properties, resistance to resonance.

Metal structures that are most widely used in industry correspond to points 1-3. However, non-compliance with point 4 is a clear disadvantage of metal structures, which in some cases leads to a global rise in cost.

Concrete and reinforced concrete structures, in turn, noticeably lose on points 1-3, while having significant damping properties.

In conditions of heavy production with the presence of heavy dynamic modes of operation, all four listed points are important, so the use of concrete-filled steel tube structures is an urgent task.

Despite the advantages of concrete-filled steel tube, there is currently no regulatory framework and calculation methods. Existing documents do not always clearly reveal the issue of the internal static indeterminacy of a concrete-filled steel tube section, the problems of concrete and metal adhesion, and the stability of elements even under static loading. Despite the designated "dynamic" scope of these structures, stability studies should be based on static tests.

Articles [15] are devoted to the study of the stability of small-sized concrete-filled steel tube specimens. As a rule, the question of the influence of the length of the element on the values of critical loads remains unclear. The problem of buckling in engineering is inextricably linked with the buckling coefficients. Therefore, now there is no solution to the classical Euler problem on the stability of a rod if the rod section is composite.

Considering the above, conducting experiments to study the strength and stability of concrete-filled steel tube rods is a topical subject for scientific research. It can lead to the development of effective engineering methods for calculating and designing structures of this type.

**Test preparation.** The object of the research are specially made specimens from various combinations of steel and concrete materials: concrete (fig. 1*a*), reinforced concrete with flexible reinforcement (fig. 1*b*), non-reinforced concrete-filled steel tube (fig. 1*c*), reinforced concrete-filled steel tube (fig. 1*d*). The diameter of the specimens is 76 mm, the length of the specimens is 100 mm.

Additionally, reinforced concrete and reinforced concrete-filled steel tube specimens 700 mm long were made to study the issues of buckling.

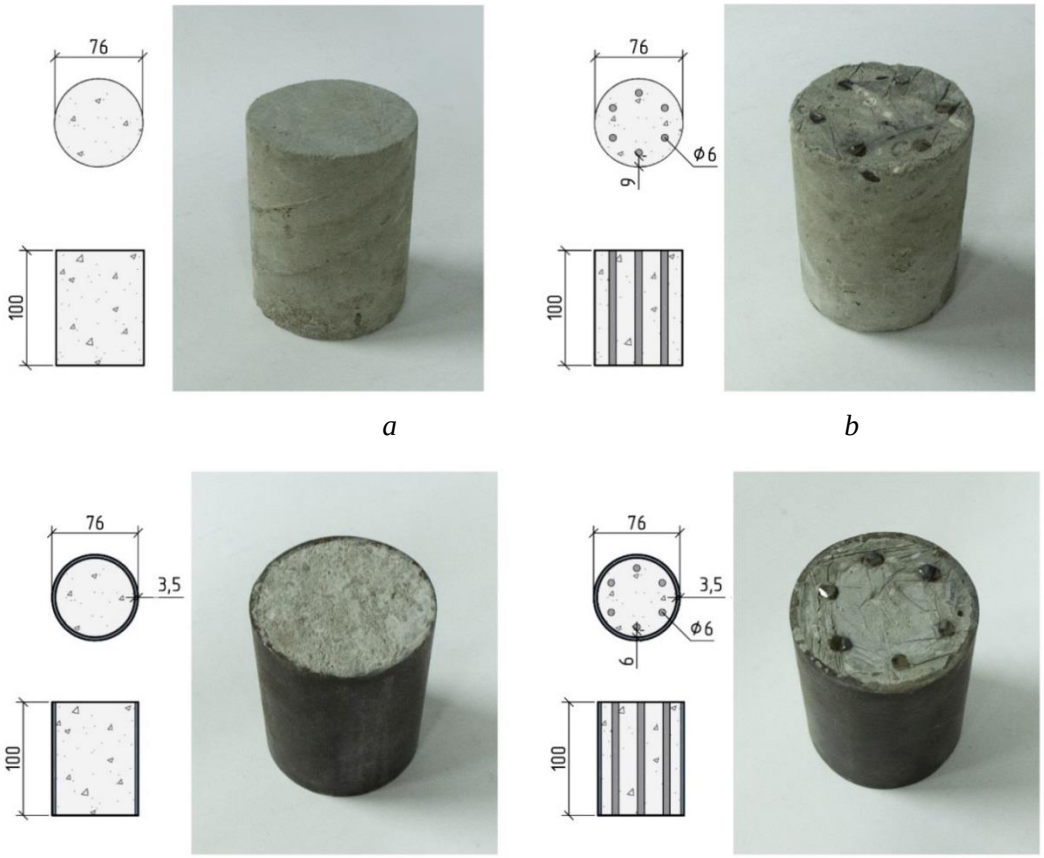



Fig. 1. Made specimens: *a* – concrete; *b* – reinforced concrete; *c* – non-reinforced concrete-filled steel tube; *d* – reinforced concrete-filled steel tube

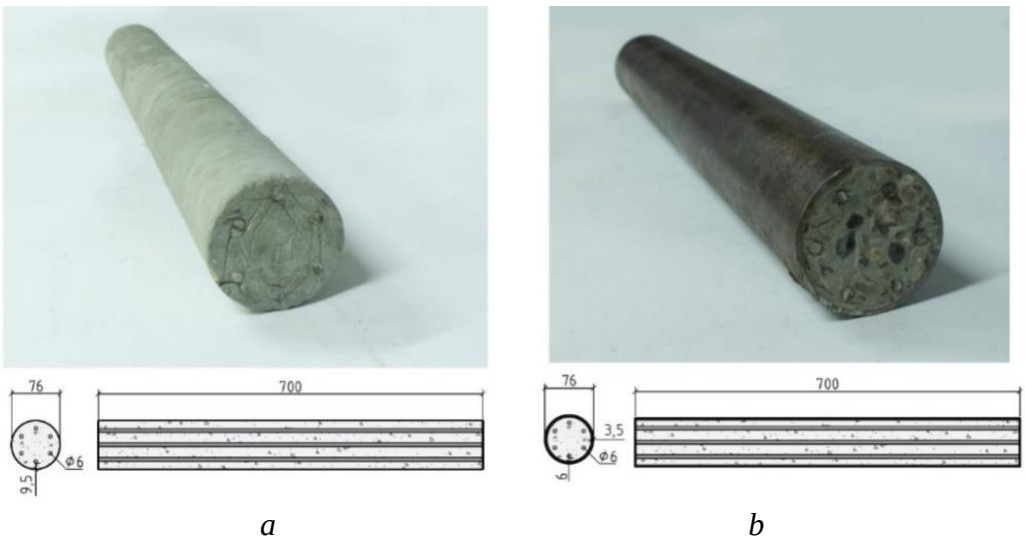
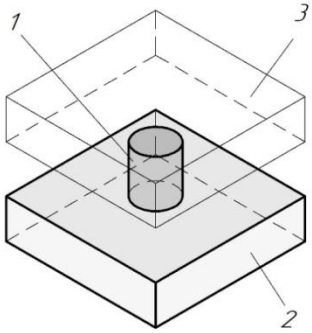



Fig. 2. Additionally made specimens: *a* – reinforced concrete (700 mm); *b* – reinforced concrete-filled steel tube (700 mm)

Testing operations were carried out in two stages:

– at the first stage, specimens 100 mm long were tested (fig. 3) [1]. The testing operations were carried out using a P-125 press (maximum force – 250 kN) until destruction and complete loss of bearing capacity. In this case, the breaking load was fixed;

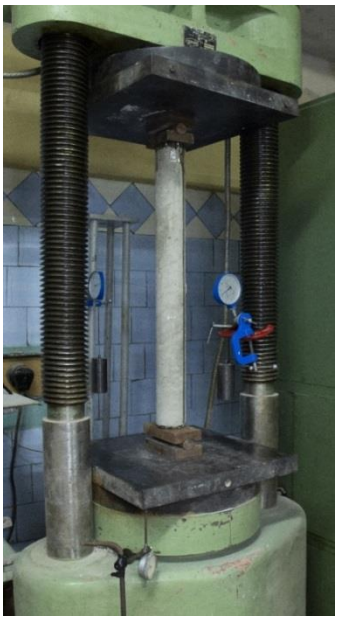
*a*



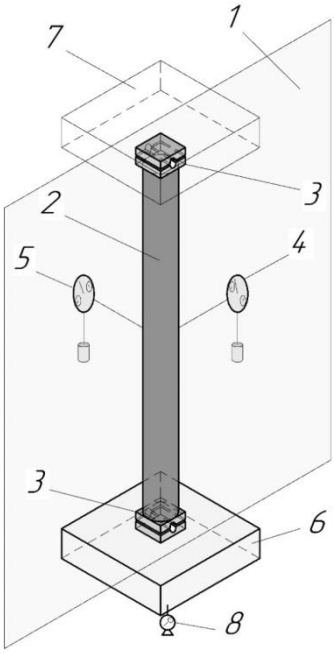

*b*

Fig. 3. Testing specimens 100 mm long: *a* – general view; *b* – schematic diagram of the experimental setup: *1* – tested specimen; *2* –movable loading plate; *3* – fixed loading plate

– at the second stage, specimens 700 mm long were tested (fig. 4). To build characteristic diagrams, additional equipment was installed (fig. 4*b*) – deflection meters in and out of the buckling plane, as well as an indicator that fixes the convergence of the plates.



*a*




*b*

Fig. 4. Testing operations of specimens 700 mm long: *a* – general view; *b* – schematic diagram of the experimental setup: *1* – buckling plane; *2* – tested specimen; *3* – cylindrical support hinge; *4* – deflection meter in the plane of buckling; *5* – deflection meter from the buckling plane; *6* – movable loading plate; *7* – fixed loading plate; *8* – indicator for registering the convergence of plates

Besides, testing operations were carried out on a concrete specimen 300 mm long to plot the material deformation diagram. To fix longitudinal deformations, strain gauges were installed on the sample. During the testing operations, the position of the specimen was corrected in order to eliminate random eccentricities. Fig. 5 shows a view of the test setup.

Fig. 5. Installation for tensometric testing of concrete

The testing operations were carried out in the laboratory of the Department of Building Structures of NNGASU. The load was applied smoothly with video recording of instrument readings, which made it possible to record readings with a high degree of accuracy. In accordance with the requirement of GOST 28570-2019, before testing, the ends of the specimens were leveled by applying a layer of compo based on an epoxy composition.

**Experimental results.** The following criteria were introduced to evaluate the results of the research:

1. The load at which there was a complete loss of bearing capacity.
2. The nature of the loss of bearing capacity.
3. The nature of the destruction.

When testing the first sample of concrete in the form of a cylinder, the maximum load value was set, 49 kN, the nature of the loss of bearing capacity is represented as a loss of strength, and the nature of the destruction is brittle destruction.

When testing the second sample of reinforced concrete in the form of a cylinder, the maximum load value of 58 kN was established, the nature of the loss of bearing

capacity is represented as a loss of strength, and the nature of the destruction is brittle destruction.

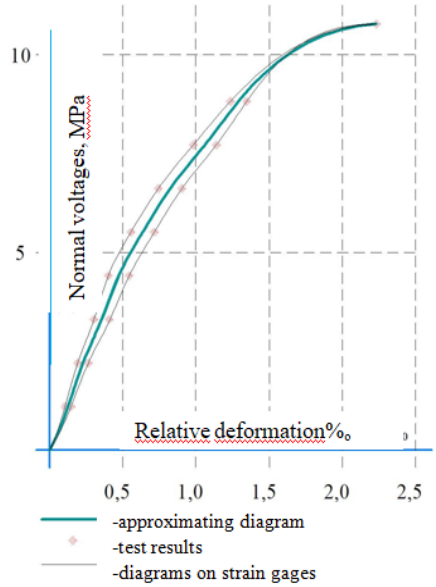
When testing the third sample of concrete in the form of a cylinder in a cylindrical metal shell, the maximum load value, 498 kN, was established, the nature of the loss of bearing capacity is represented as a transition to a plastic state, and the nature of destruction is plastic deformation followed by an explosion.

When testing the fourth sample ofreinforced concrete in the form of a cylinder in a cylindrical metal shell, the maximum load value, 612 kN, was established, the nature of the loss of bearing capacity is represented as a transition to a plastic state, and the nature of destruction is plastic deformation followed by an explosion.

When testing the fifth sample of concrete in the form of an oblong cylinder (700 mm), the maximum load value of 59 kN was established, the nature of the loss of bearing capacity is represented as a loss of strength, and the nature of destruction is brittle destruction.

When testing the sixth sample of reinforced concrete in the form of an oblong cylinder in a metal shell (700mm), the maximum load value was set, 390 kN, the nature of the loss of bearing capacity is represented as a transition to a plastic state and buckling, according to the test results, the sample did not collapse.

Fig. 6 shows the deformation diagram of a concrete specimen, as well as its appearance after destruction. Fig. 7 shows diagrams obtained from indicators (fig. 4) for reinforced concrete and concrete-filled steel tube samples 700 mm long.




*а*

*б*

Fig. 6. Results of tensometric tests of a concrete specimen: *a* – strain diagram; *b* – specimen after destruction

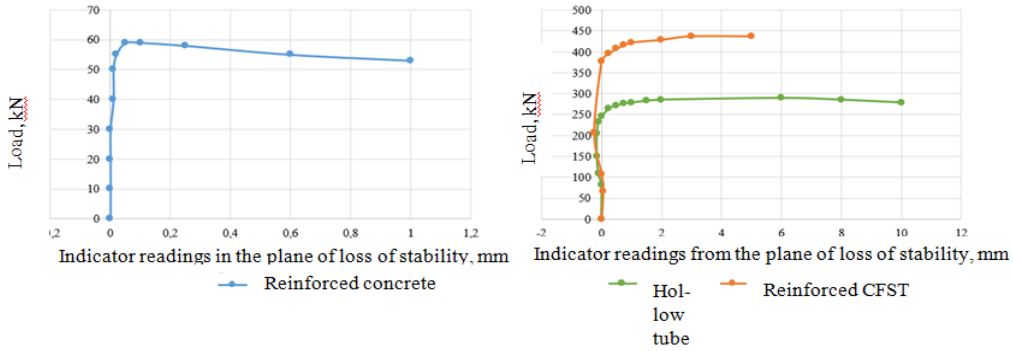



Fig. 7. Diagrams from indicators in the buckling plane (red) and from the buckling plane (green) for specimens 1 (reinforced concrete) and 2 (reinforced concrete-filled steel tube) 700 mm long

**Conclusions.** The following conclusions based on the conducted research can be drawn.

1. The maximum load of a concrete specimen 300 mm long was 45 kN, which is somewhat lower than the breaking load of a concrete sample 100 mm long. First of all, this is due to the influence of transverse compression in the area of the stops when testing a short specimen, which leads to a slight increase in the bearing capacity.

2. Reinforced concrete specimens 100 mm and 700 mm long demonstrated the same bearing capacity. Analysis of the bearing capacity showed that the destruction occurred primarily as a result of the loss of stability of the samples reinforcement. This is confirmed by their appearance after destruction (Table 1). This is indirectly justified by the fact that the total load that 6 rods made of A500 reinforcement can withstand is 57.7 kN [16], which practically corresponds to the final breaking load of the samples.

3. The adoption of a steel tube-clip increased the bearing capacity of concrete by 449 kN, while the bearing capacity of a tube 76×3.5 mm grade 09G2S is 313 kN [16]. Therefore, the contribution to the increase in bearing capacity increases by 43 %. This is explained, on the one hand, by the fact that the concrete core prevents the loss of stability of the tube wall, and the tube, in turn, prevents the transverse deformation of the concrete and its subsequent spalling. Thus, the total bearing capacity exceeds the algebraic sum of the bearing capacities that make up the system.

4. The adoption of reinforcement into concrete-filled steel tube specimen increases the bearing capacity by 114 kN, while the bearing capacity of the reinforcement is 57.7 kN. Therefore, its contribution to the bearing capacity of the concrete-filled steel tube element due to the constraint of the section increases by 98%.

5. The bearing capacity of a 700 mm long reinforcedconcrete-filled steel tube sample was 390 kN, which is 60% of the bearing capacity of a 100 mm long specimen. Despite the decrease in the bearing capacity due to the buckling process, the contribution of the adoption of the steel cover tube is 331 kN. At the same time, the bearing capacity of a tube 700 mm long made of 09G2S steel is 291 kN, thus the contribution to the bearing capacity increases by 14 %. At the same time, the plastic nature of the fracture is important, in contrast to the brittle fracture of reinforced concrete and the instantaneous buckling of the steel tube.

Research has substantiated the effectiveness of the use of composite concrete-filled steel tube elements and a nonlinear increase in the bearing capacity while ensuring the compatibility of materials.

*The work was carried out within the state assignment to IAP RAS for fundamental scientific research for 2024-2026 (topic FFUF -2024-0031, No 1023032800130-3-2.3.2).*

REFERENCES

1. Kikin A. I. Konstrukcii iz stal'nyh trub, zapolnennyh betonom [Structures made of steel tubes filled with concrete ] / Kikin A. I., Sanzharovskij R. S, Trull' V. A. // M., Strojizdat – 1974. – 144 p.

2. Akaev A. I. Perspektivy vozvedeniya sejsmostojkih zdanij iz trubobetonnyh konstrukcij [Prospects for the construction of earthquake-resistant buildings from concrete-filled steel tube structures] / Akaev A. I., Magomedov M. G., Pajzulaev M. M. // Vestnik DGTU. Tekhnicheskie nauki. [Messenger of DGTU. Technical Science]. – 2017. – № 1 – P 138–149.

3. Krishan A. L. Novoe konstruktivnoe reshenie trubobetonnyh kolonn [New constructive solution for concrete-filled steel tubecolumns]// III tysyacheletie – novyj mir: Trudy mezhdunarodnogo foruma po problemam nauki, tekhniki i obrazovaniya [III Millennium – a New World: Articles of The International Forum on Problems of Science, Technology and Education]. – 2006. – T. 2. – P. 81–84.

4. Ovchinnikov I. I. O probleme raschetatrubobetonnyh konstrukcij s obolochkoj iz raznyh materialov. Chast' 2. Raschet trubobetonnyh konstrukcij s metallicheskoj obolochkoj [On the problem of calculating concrete-filled steel tubestructures with a shell of different materials. Part 2. Calculation of concrete-filled steel tubestructures with a metal shell] / Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I.G. // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» [Internet Journal "SCIENCE"] Tom 7, № 4 (2015) [Electronic resource]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf(date of the application: 03.05.2022).

5. Primenenie trubobetonnyh konstrukcij v zdaniyah i sooruzheniyah [The use of concrete-filled steel tubestructures in buildings and structures] [Electronic resource]. URL: https://docplayer.com/201131849-Ris-1-most-v-predmeste-parizha.html(date of the application: 24.04.2022).

6. Kanishchev R. A. Analiz mestnoj ustojchivosti trubobetonnyh konstrukcij pryamougol'nogo secheniya [Analysis of local stability of concrete-filled steel tubestructures of rectangular section] // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal [Engineering and Construction Journal]. – 2016. – № 4(64). P. 59–68.

7. Belyj G. I. Issledovanie prochnosti i ustojchivosti trubobetonnyh elementov konstrukcij obratnym chislenno-analiticheskim metodom [Research of the strength and stability of concrete-filled steel tubestructural elements by the inverse numerical-analytical method] G. I. Belyj, A. A. Vedernikova // Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Messenger of Civil Engineers]. – 2021. – № 2(85). – P. 26–35.

8. Lapshin A. A. Ocenka prochnosti i ustojchivosti kompozitnyh stalezhelezobetonnyh elementov s sovmestnym primeneniem sterzhnevyh i tverdotel'nyh raschetnyh modelej [Assessment of the strength and stability of composite steel-reinforced concrete elements with the combined use of rod and solid-state calculation models]/ A. A. Lapshin, P. A. Khazov, D. A. Kozhanov, S.YU. Lihacheva // Privolzhskij nauchnyj zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / NNGASU. – Nizhnij Novgorod, 2021. – № 3. – P. 9–16.

9. Wang J, Sun Q and Li J Experimental study on seismic behavior of high-strength circular concrete-filled thin-walled steel tubular columns // Engineering Structures, 10.1016/ j.engstruct.2018.12.098, 182, (403–415), Online publication date: 1-Mar-2019.

10. Boyd P. F., Cofer W. F., McLean D. I. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading // Journal of ACI. - 1995. – Vol. 92, № 3. – P. 353–364.

11. Morino S., Tsuba K. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan // Earthquake and Engineering Seismology. 2005. № 1. Vol. 4. P. 51–73.

12. Lehman D. E., Kuder K. G., Gunnarrson A. K., Roeder C. W., Berman, J. W. Circular Concrete-Filled Tubes for Improved Sustainability and Seismic Resilience // Journal of Structural Engineering – Volume 141. Issue 3 – March 2015.

13. Mesnager A., Barthes F., Vevrier I. Le pont des Ibis, avesinet (seine-et-oise). Le Genie Civil 1931, N. 2527/3.

14. Sakino, K., Ninakawa, T., Nakahara, H. and Morino, S. (1998). “Experimental studies and design recommendations on CFT Columns – U.S.-Japan Cooperative Earthquake Research Program” Proceedings, Structural Engineers World Congress, San Francisco, CD Rom, Paper № T169-3.

15. Tamrazyan A. G., Manaenkov I. K. Ispytanie trubobetonnyh obrazcov malogo diametra s vysokim koefficientom armirovaniya [Testing of small-diameter concrete-filled steel tubespecimens with a high coefficient of reinforcement]. Stroitel'stvo i rekonstrukciya [Construction and Reconstruction]. – 2017;(4). – P. 57–62.

16. Khazov, P. A. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti kompozitnyh trubobetonnyh obrazcov malogabaritnyh sechenij [Experimental study of the strength of composite concrete-filled steel tubespecimensof small sections] / P. A. Khazov, V. I. Erofeev, D. M. Lobov, A. K. Sitnikova, A. P. Pomazov // Privolzhskij nauchnyj zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / NNGASU. – Nizhnij Novgorod, 2021. – № 3. – P. 36–43.

**УДК [691.3 +669.14]: 621.643**

**П. А. ХАЗОВ[1], кад. техн. наук, доц. кафедры теории конструкций и технической механики; И. В. ШКОДА, аспирант[2], ст. преподаватель кафедры теории конструкций и технической механики[1]; А. Е. КУДРЯВЦЕВ[1], студент**

# ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ МОДЕЛЕЙ ТРУБОБЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, Н. Новгород, ул. Ильинская, 65. Тел.: (831) 430-54-96;
e-mail: khazov.nngasu@mail.ru
[2]Институт проблем машиностроения РАН – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А. В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»
Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85. Тел.: (831) 432-03-00; эл. почта: ShkodaIrinVasil@yandex.ru
*Ключевые слова:* трубобетон, композиционные материалы, разрушение, потеря устойчивости, трехосное сжатие бетона.

---

*Приводится обобщение результатов, ранее полученных и опубликованных авторами в различных изданиях. Анализируется общая нормативная методика расчета железобетонных и трубобетонных конструкций, обосновывается необходимость проведения модельных и натурных экспериментов, описывающих деформирование, разрушение и потерю устойчивости сжатых трубобетонных конструкций. Выявлено наличие взаимного усиления составляющих системы, что приводит к нелинейному приросту несущей способности и характерно для композитных материалов, активно применяющихся в различных технических системах.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кикин, А. И. Конструкции из стальных труб, заполненных : технико-экономические расчеты / А. И. Кикин. – Москва : Стройиздат, 1974. – 145 с. : ил. – Текст : непосредственный.

2. Акаев, А. И. Перспективы возведения сейсмостойких зданий из железобетонных конструкций / А. И. Акаев, М. Г. Магомедов, М. М. Пайзулаев / Текст : непосредственный // Вестник ДГТУ. Технические науки. – 2017. – № 1. – С. 138–149.

3. Кришан, А. Л. Новое конструктивное решение для железобетонных трубчатых колонн. – Текст : непосредственный // III тысячелетие – новый мир : труды международного форума по проблемам науки, техники и образования. – 2006. – Том 2. – С. 81-84.

4. Овчинников, И. И. О проблеме расчета железобетонных конструкций с обработкой изразцовых материалов. Часть 2. Расчет железобетонных конструкций с металлической оболочкой / Овчинников И. И., Овчинников И. Г. – Текст : электронный // Науковедение : Интернет-журнал. – 2015. – Том 7. – № 4. – URL: http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf (дата обращения: 03.05.2022).

5. Применение железобетонных конструкций в зданиях и сооружениях. – URL: https://docplayer.com/201131849-Ris-1-most-v-predmeste-parizha.html (дата обращения: 24.04.2022). – Текст : электронный.

6. Канищев, Р. А. Анализ местной устойчивости железобетонных конструкций прямоугольного сечения / Р. А. Канищев. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. –2016. – № 4 (64). – С. 59–68.

7. Белый, Г. И. Исследование прочности и устойчивости железобетонных трубчатых конструктивных элементов обратным численно-аналитическим методом / Г. И. Белый, А. А. Ведерникова. – Текст : непосредственный // Вестник гражданских инженеров – 2021. – № 2 (85). – С. 26-35.

8. Оценка прочности и устойчивости композитных сталежелезобетонных элементов с совместным применением стержневых и твердотельных расчетных моделей / А. А. Лапшин, П. А. Хазов, Д. А. Кожанов, С. Ю. Лихачева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2021. – № 3. – С. 9–16.

9. Wang, J. Experimental study on seismic behavior of high-strength circular concrete-filled thin-walled steel tubular columns / Wang J., Sun Q., Li J. // Engineering Structures. – P. 403-415. – DOI:10.1016/ j.engstruct. 2018.12.098. 182. – (Online publication date: 1-Mar-2019).

10. Boyd, P. F. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading / P. F. Boyd, W. F. Cofer, D. I. McLean // Journal of ACI. – 1995. – Volume 92. – № 3. – P. 353–364.

11. Morino, S. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan / Morino S., Tsuba K. // Earthquake and Engineering Seismology. – 2005. № 1. – Volume 4. – P. 51–73.

12. Lehman, D. E., Kuder K.G., Gunnarrson A.K., Roeder C.W., Berman, J.W. Circular Concrete-Filled Tubes for Improved Sustainability and Seismic Resilience / D. E. Lehman, K. G. Kuder, A. K. Gunnarrson [et al.] // Journal of Structural Engineering. – 2015. – Volume 141, Issue 3.

13. Mesnager A., Barthes F., Vevrier I. Le pont des Ibis, avesinet (seine-et-oise). Le Genie Civil. – 1931. – № 2527/3.

14. Experimental studies and design recommendations on CFT / K. Sakino, T. Ninakawa, H. Nakahara, S. Morino. – Columns U.S.-Japan Cooperative Earthquake Research Program Proceedings // Structural Engineers World Congress : U. S.-Japan

Cooperative Earthquake Research Program Proceedings. – San Francisco, 1998. – № T169-3. – CD Rom.

15. Тамразян, А. Г. Испытание железобетонных образцов малого диаметра с высоким коэффициентом армирования / А. Г. Тамразян, И. К. Манаенков. – Текст : непосредственный // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 4 (72). – С. 57–62.

16. Хазов, П. А. Экспериментальное исследование прочности композиционно-трубобетонных образцов малогабаритных сечений / П. А. Хазов, В. И. Ерофеев, Д. М. Лобов [и др.]. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2021. – № 3. – С. 36–43.

**© П. А. Хазов, И. В. Шкода, А. Е. Кудрявцев, 2024**

Получено: 22.01.2024 г.

**УДК 72.036 (470.343)**

**А. Л. ГЕЛЬФОНД[1], акад. РААСН, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой архитектурного проектирования; Е. А. АХМЕДОВА[2], акад. РААСН, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой градостроительства; В. А. САМОГОРОВ[2], чл.-корр. РААСН, канд. архитектуры, проф., зав. кафедрой архитектуры; С. А. ТИМОФЕЕВ[1], чл.-корр. РААСН, Заслуженный архитектор РФ; В. Л. ПАСТУШЕНКО[2], проф. кафедры архитектуры; В. Е. БОРОДОВ[3], проф. кафедры проектирования зданий, председатель правления Союза архитекторов Марий Эл**

# АРХИТЕКТУРА ЙОШКАР-ОЛЫ НАЧАЛА XXI ВЕКА. ВЗГЛЯДЫ И РАЗМЫШЛЕНИЯ

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: gelfond@bk.ru
[2]ФГБОУ ВО «Самарский технический университет»
Россия, 443100, ул. Молодогвардейская, д. 244; e-mail: dir_inst_arch@bk.ru, samogorov@mail.ru.
[3]ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
Россия, 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3; e-mail: ps-vp@mail.ru
*Ключевые слова:* Йошкар-Ола, адресат архитектуры, феномен, историко-архитектурная среда, модернизм, постмодернизм, идентичность.

*Представлена архитектура Йошкар-Олы начала XXI века. Возникшая как прямое копирование известных архитектурных произведений городская среда живет, развивается и требует профессиональной оценки, авторы высказывают свои взгляды на это явление, впервые анализируя его исторические, теоретические, практические проявления в пространстве и времени. Материал сопровождается фотографиями объектов, выполненными авторами статьи.*

**Введение.** В рамках проходившего в Йошкар-Оле 7 декабря 2023 года собрания Приволжского территориального отделения РААСН состоялся круглый стол на тему: «Архитектура Йошкар-Олы начала XXI века». Известно, что центр города, площади, набережные застроены в Йошкар-Оле зданиями, за образец которых приняты выдающиеся памятники европейской и отечественной архитектуры: палаццо Дожей, замок Нойшвайнштайн, Спасская башня, Ласточкино гнездо и многие другие объекты (рис. 1 цв. вклейки), причем застройка комплексная, а не точечная. После первого «шока» от необъяснимости явления профессионал должен признать, что в целом выдержаны масштабные характеристики, объекты корреспондируют друг к другу и среда предстает достаточно целостной. Ведущим архитекторам и строителям региона было предоставлено слово, чтобы поделиться размышлениями или дать оценку новой архитектурной среде, которая складывается в городе на протяжении последних двадцати лет. Статья сложилась как продолжение заданной темы и стремление

научно обосновать отдельные взгляды на уникальное явление, раскрыть его истоки, обозначить проблемы.

***Концепция игры и проблема адресности в пространстве современного города (А. Л. Гельфонд)***

На сайте просветительской акции «Россия. Страна достижений» проект «Йошкар-Ола. Создание нового архитектурного стиля города» аннотируется следующими словами: «Меньше чем за 10 лет провинциальному городу Йошкар-Оле удалось полностью изменить свой облик. Неординарный архитектурный ландшафт, законченность нового городского ансамбля, яркость красок и разнообразие форм – все это создает подлинное ощущение чуда в реальном пространстве и времени. Преображение города называют историческим феноменом современной России» [1] (рис. 2 цв. вклейки).

Считаем, что настало время для разностороннего рассуждения об «ощущении чуда в реальном пространстве и времени».

Плотный морозный воздух 07.12.2023 превращал искусственную, избыточную среду центра Йошкар-Олы в еще более идеальную, возможно, из-за полного безлюдья. Адресатами архитектуры, зрителями, выступали мы. И реализация мифа предстала перед нами в виде гигантских театральных декораций к сказкам «Гензель и Гретель» и «Домик-пряник». Но одновременно и в виде реально функционирующих зданий, где живут, трудятся и проводят досуг жители и гости города.

Главный контекст, с которым работают архитектор и градостроитель, – это человек. Именно ему адресованы все поиски и находки профессионалов. Проблема адресности архитектурного объекта является постоянно актуальной, так как авторы создают свои произведения для конкретного и неконкретного потребителя, причем как реального, так и потенциального [2]. Ведь не секрет, что сооружение, как правило, переживает своего автора.

Существует мнение, что с внесением в серьезный архитектурный объект и город в целом вставных игровых элементов карнавальной ярмарочной культуры адресность объекта расширяется [2]. Современный город играет, привлекая многослойностью самого разного потребителя. Возникает мысль, что это преднамеренная игра с адресатом – именно так мог бы построить по красивому, а главное узнаваемому образцу, каждый сам для себя. Некий флер самодеятельного строительства, которое, с одной стороны, свободно от академических правил профессиональной школы, а с другой – от канонов и традиций народной архитектуры. Диктат инвесторов, новые отношения между Проектировщиком и Потребителем задали в начале XXI века определенный вектор этому явлению.

«Реализуется и сугубо индивидуализированный подход, ориентированный на отдельную личность. Авторская архитектура? Скорее, «авторская» в плане восприятия со стороны ее адресата – в области рождения откликов у каждого конкретного адресата – его личной истории. Здесь также открывается весьма неоднозначный путь к новому пониманию авторства, когда общество, «толпа» побеждает Художника и приобретает очертания некоего коллективного художника» [3].

Самый осмысленный и проверенный историей и едва ли не «просветительский» прием в стремлении донести свой замысел до каждого адресата – обращение к прошлому, основанное на «буквальном копиизме». Известно, что это направление в русской архитектуре и искусстве конца

XIX – начала XX веков характеризуется стремлением к сохранению и архаизации ценностей. В его рамках художники обращались к лубку, к элитарной классической культуре. Но в Йошкар-Оле сложилось так, что в начале XXI века интереснее для развития историко-архитектурной среды города стала не его подлинная история, а красивые образцы европейской и отечественной архитектуры. Вследствие чего у реальной городской среды появился театральный, игровой характер.

«Нидерландский историк и теоретик культуры Й. Хейзинга, который в работе «*Homo ludens*» – «Человек играющий», 1938 г., проследил роль игры во всех сферах человеческой жизни и во всей истории в целом, определил игру как творчески позитивное начало. Игра – элемент извечной первозданности человеческой культуры, никогда не порывающей со своими истоками, и именно в этом ее сила и воспитательное значение. Сложный процесс диалога официальной и игровой культур проявляется во все времена в различных формах и подвержен влиянию самых разных факторов. Подчас между ними невозможно провести точную границу» [2].

В этой связи отметим, что в проектном институте «Марийскгражданпроект» для осуществления масштабных замыслов по застройке центра города в начале 2000-х гг. была создана специальная архитектурно-планировочная мастерская, которую возглавил архитектор В. П. Горбань и в которой работали архитекторы Г. В. Чиркова, Е. М. Зорина, М. В. Кропотова, Е. Ю. Деревянных, А. В. Лузинская, А. Н. Теряев, Н. В. Вохминцева, инженеры А. В. Санин, А. А. Киреев и другие. Инициатором преобразования городского центра стал тогдашний глава республики Л. И. Маркелов [4].

***Теория и реальность: удивиться и полюбить! (Е. А. Ахмедова)***

Феномен архитектурно-градостроительного эксперимента в Йошкар-Оле представляется явлением не локального порядка, но воплощением тех тенденций в эстетической теории и практике, которые отражают жизнь второй половины XX – начала XXI веков. Кризис архитектуры модернизма повлек последующий плюрализм разнонаправленных поисков формообразования и стилеобразования в архитектуре (брутализм, структурализм, метаболизм, хай-тек, слик-тек и др.). Современное движение распалось на ряд самостоятельных творческих течений – органическая архитектура, эко-тек, скульптурные эксперименты на основе цифровых технологий, ряд других [5]. Особое место в этих поисках занимает постмодернизм, вокруг которого в 1970–1980 годы консолидировались разрозненные экспериментаторы. Одним из первых осознал связь между изменившимися в этот период социальными потребностями общества и проблемами архитектуры американский архитектор Ч. Дженкс, проживающий в Великобритании, который в 1977 году опубликовал книгу «Язык архитектуры постмодернизма» [6], ставшую третьей среди «книг века» об архитектуре. В ней Ч. Дженкс делает вывод о соответствии выявленных им характерных признаков архитектуры постмодернизма (историзм, ретроспективизм, обращение к местным традициям, ад-хокизм, партисипация, метафоризм, двойное кодирование), таким ключевым элементам постмодернистской парадигмы как интертекстуальность, интерактивность, многозначность, постмодернистская метафоричность, постмодернистская чувствительность. В повороте к истории и сознательной стратегии взаимодействия с ней (Р. Бофилл, А. Росси и др.) Ч. Дженкс сумел увидеть возможность примирения враждующих сект в плюрализме

постмодернистской культуры, открывающую путь к возрождению семантически богатой, «говорящей» архитектурной формы. Широкий спектр различных и многозначных идейных и стилистических течений постмодернизма в архитектуре, не стремящихся к однозначному определению принципов постмодернизма, отмечает российский исследователь А. А. Худин [7].

Интертекст и «двойное кодирование» – это две категории постмодернистской эстетики, которые, как нам представляется, имеют прямое отношение к архитектурно-градостроительному феномену в Йошкар-Оле. Интертекст – специфический прием создания современного арт-произведения, основанный на сознательном использовании автором цитат из других текстов, не только вербальных, но и текстов других искусств (живописи, кинематографии, музыки, архитектуры) и не искусств. Прием использования интертекста имеет древнее происхождение, универсален и не зависит от времени и места создания культурных объектов. «Двойное кодирование», по Ч. Дженксу, предполагает для элиты уровень некоторой иронии, для массового потребителя – китч, который воспринимался бы им всерьез [5].

Зарубежные архитектурные эксперименты многочисленны. Яркий классический пример интертекста и двойного кодирования создал Ч. Мур (1925–1994), один из наиболее тонких архитекторов направления, создав по заказу итальянской общины в 1975–1980-х годах общественное пространство площади Италии в Новом Орлеане в США. В постмодернистском коллаже процитированы наиболее узнаваемые образы и символы «итальянского стиля» римские и ренессансные колоннады, знаменитый фонтан Треви, строгая антиква крупных надписей, соединенные в артефакт чистой сценографии. Иронии добавляют использование металла, зеркальных поверхностей, неонового освещения и другие иронические намеки.

Отечественные ученые, теоретики и практики также вели архитектурные эксперименты в этот период, множество примеров и в отечественной архитектуре, самые заметные в Москве принадлежат известному архитектору С. Б. Ткаченко – жилые комплексы «Патриарх», «Яйцо», комплекс «Кутафья башня». Б. К. Еремин (1939–1998) создал достаточно цельную теорию «Ретроразвития», продвигал архитектурно-градостроительные предложения и художественные поиски в области реконструкции исторических городов, прежде всего Москвы (Китай-город, реконструкция Замоскворечья, Москва – Третий Рим – Новый Вавилон – 1992 и ряд др.). Внедрение теории «Ретроразвития» в практику проектирования реконструкции Москвы в начале 1990–2010 годов [8] продолжается до настоящего времени. Есть успешные реализации архитектурных объектов постмодернизма в Нижнем Новгороде, Екатеринбурге, Казани, Самаре, других российских городах.

Поиски индивидуального образа и своей уникальной идентичности в 2010-е годы были предприняты архитекторами даже в индустриальном моногороде Тольятти [9], что послужило созданию Списка объектов культурного наследия советского модернизма с региональным статусом. В 1970–1980-е годы в этом идеальном социалистическом городе были воздвигнуты лучшие и чистые образцы стиля. Можно вполне обоснованно утверждать, что поиски выражения широкого архитектурного контекста и идентичности через конкретные объекты стали тенденцией времени.

**К СТАТЬЕ А. Л. ГЕЛЬФОНД, Е. А. АХМЕДОВОЙ, В. А. САМОГОРОВА, С. А. ТИМОФЕЕВА, В. Л. ПАСТУШЕНКО, В. Е. БОРОДОВА «АРХИТЕКТУРА ЙОШКАР-ОЛЫ НАЧАЛА XXI ВЕКА. ВЗГЛЯДЫ И РАЗМЫШЛЕНИЯ»**

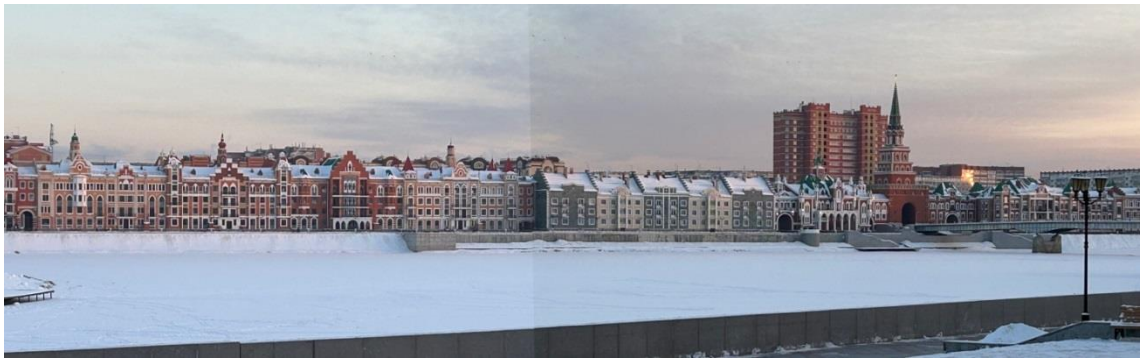


Рис. 1. Набережная Брюгге, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

Рис. 2. Набережная Брюгге на фоне массовой застройки 1980-х гг., Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

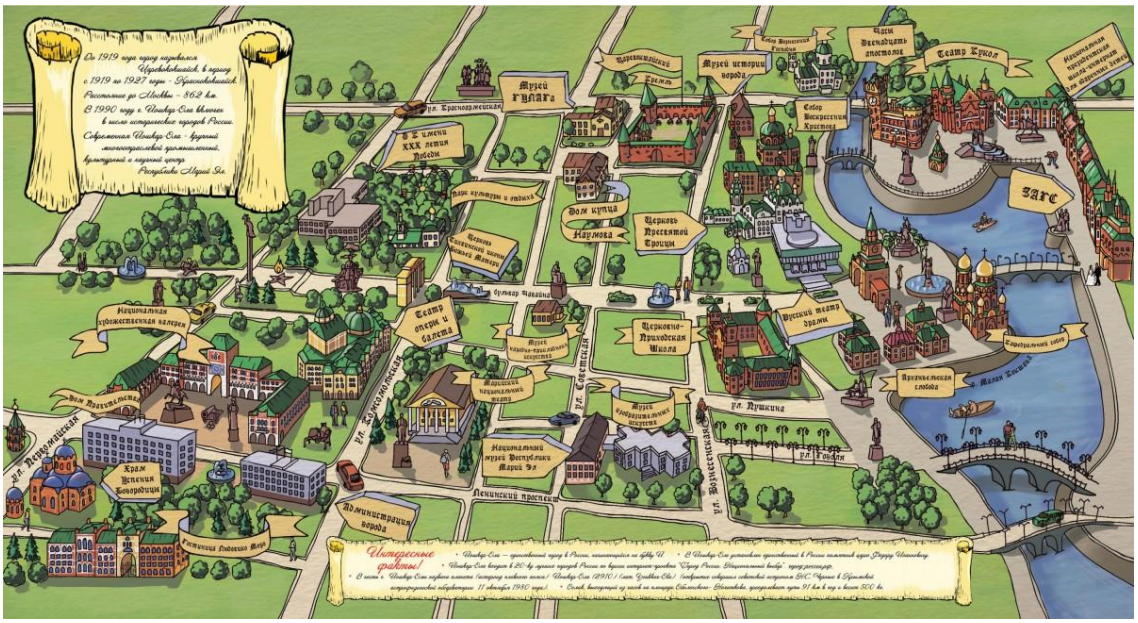



Рис. 3. Туристическая карта центральной части Йошкар-Олы

Рис. 4. Береговая панорама р. Малая Кокшага, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

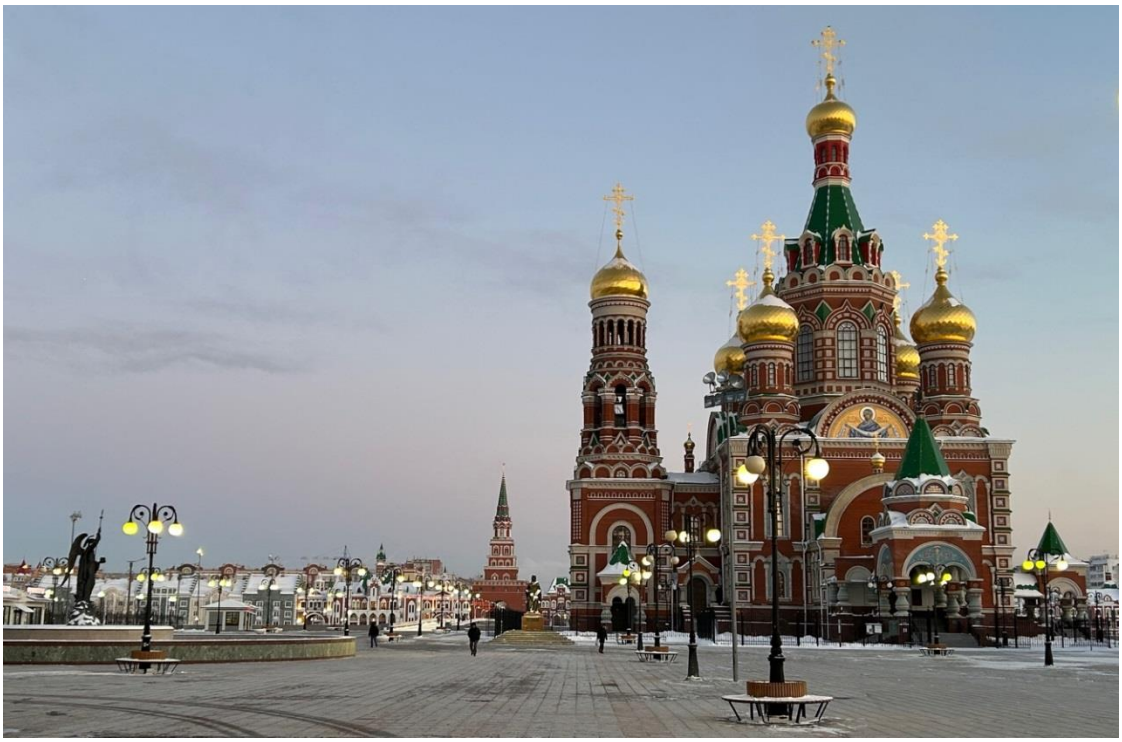


Рис. 5. Кафедральный собор Благовещения Пресвятой Богородицы в структуре Воскресенской набережной, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

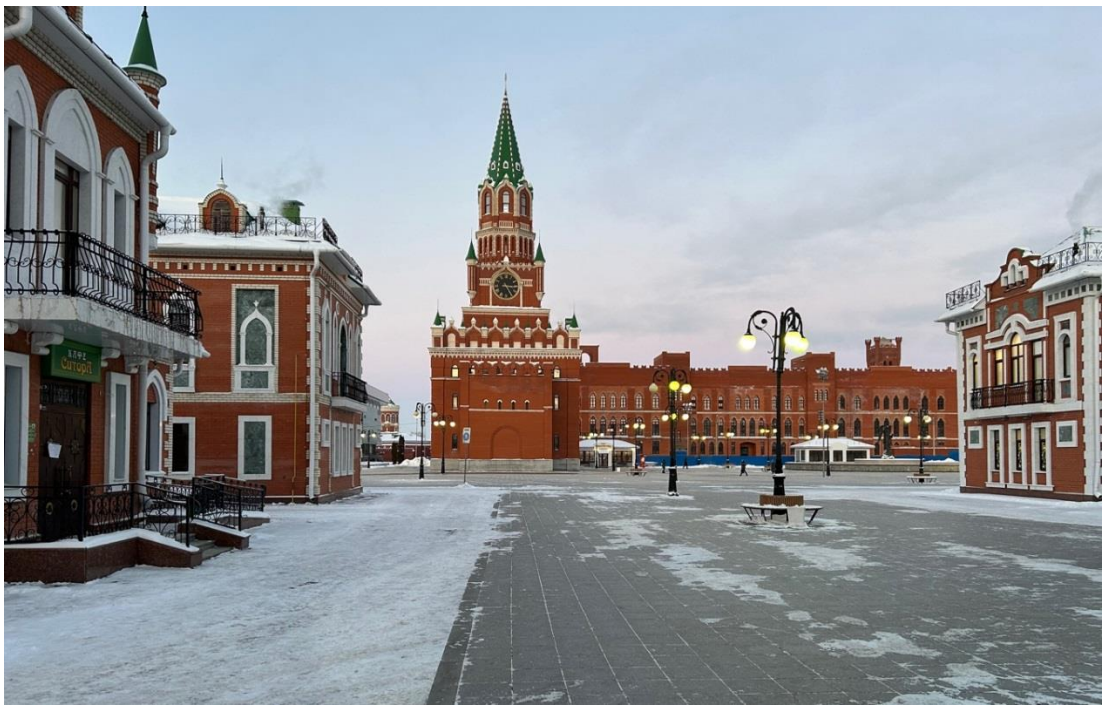


Рис. 6. Благовещенская башня, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

Рис. 7. Аутентичная застройка в структуре нового центра, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

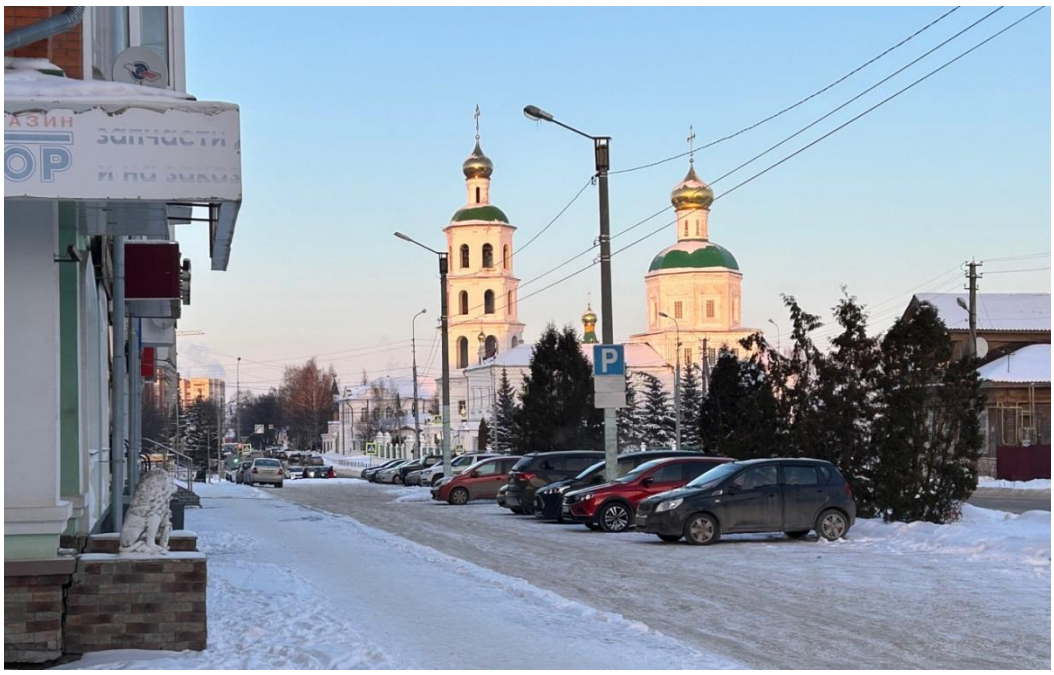



Рис. 8. Воскресенский собор, 1756 г., Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

Рис. 9. Театр драмы им. Г. В. Константинова в структуре застройки нового центра, арх. А. Галицкий, 1984, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

Рис. 10. Динамическая композиция «Вход Господень в Иерусалим», Патриаршая площадь, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

Рис. 11. Национальная художественная галерея, 2007, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

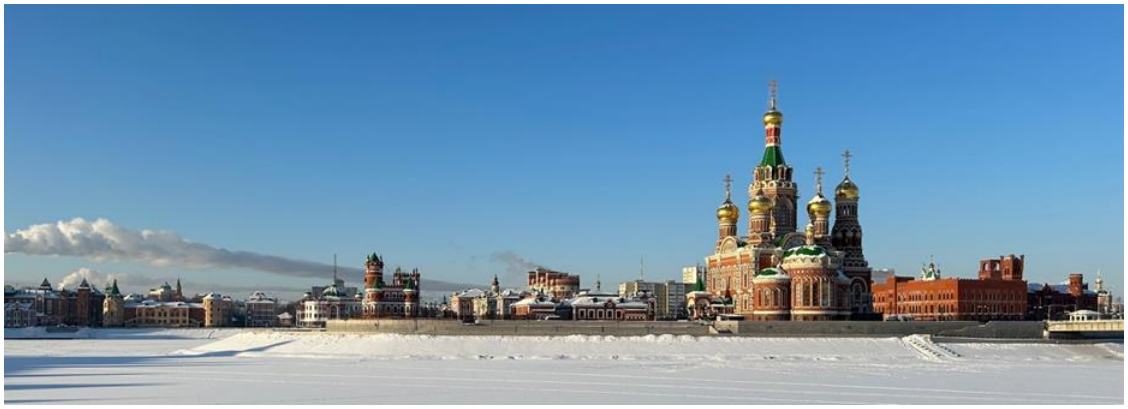


Рис. 12. Вид на Воскресенскую набережную, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

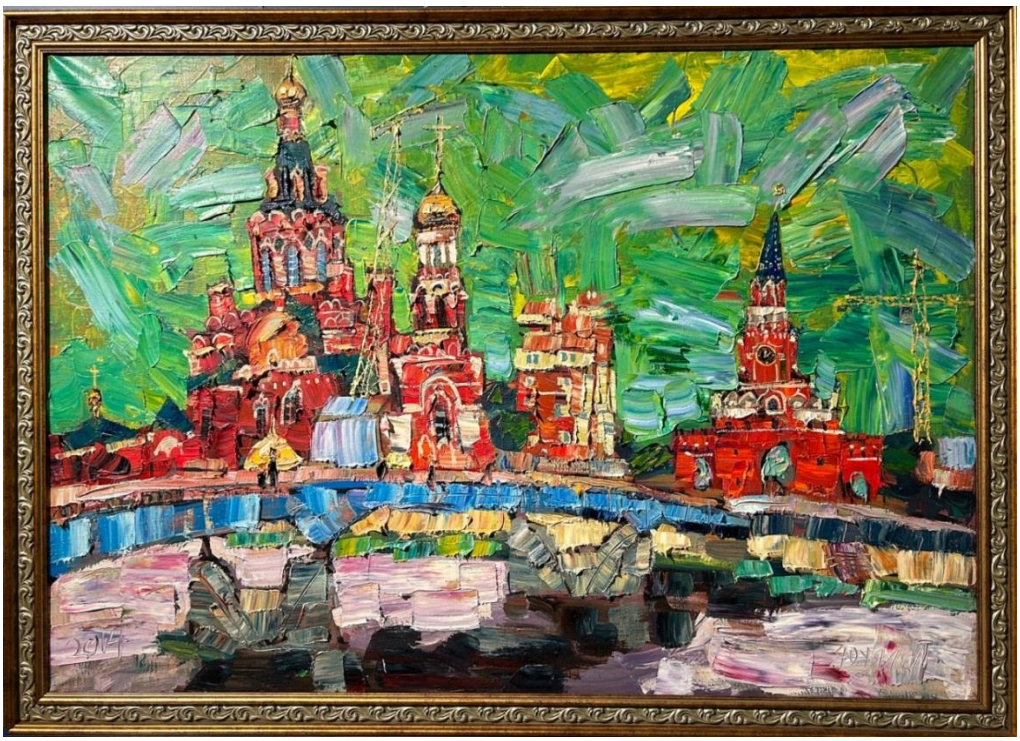


Рис. 13. Храм строится, художник М. С. Поляков, 2014. Национальная художественная галерея, Йошкар-Ола, фото В. А. Самогорова, 2023

Рис. 14. Царевоградская краса, художник А. Ю. Санников, 2012. Национальная художественная галерея, Йошкар-Ола, фото Е. А. Ахмедовой, 2023

В Йошкар-Оле изумляет феномен совпадения теоретических предпосылок и созданной реальности. Масштаб и системность архитектурно-градостроительного эксперимента по созданию нового общественного центра города превосходит аналоги по размеру преобразованной городской территории, гармоничности интеграции псевдоисторических включений в функционально-планировочную структуру постсоветского города. А по количеству цитат российского и европейского архитектурного наследия, сгруппированного по двум разным берегам живописной речки Малой Кокшаги (отечественное – в основном по Воскресенской набережной, а европейское – по набережной Брюгге), а также и по качеству строительства (оно здесь очень высокое!), уровню благоустройства и средового дизайна охваченной экспериментом территории новый общественный центр Йошкар-Олы представляется уникальным (рис. 3 цв. вклейки).

Академик РААСН И. А. Бондаренко считает подъем индивидуалистического начала едва ли не самой главной тенденцией современности, в том числе и в сфере градостроительной реконструкции. Постмодернистский коллаж используется как универсальный проектный метод, направленный на сохранение и развитие общественных пространств, а также отдельных элементов среды, подобный подход будет способствовать накоплению культурных ценностей, а также последующей преемственности при создании новых элементов среды, естественным образом объединяя мир человеческих ценностей с пространством города [10].

Посетив Йошкар-Олу десять лет назад, я была поражена множеством узнаваемых архитектурных цитат российского и европейского прошлого, высоким качеством строительства, колористическим единством построек, разнообразием ракурсов и точек обзора городских панорам.

Недавняя встреча с Йошкар-Олой в декабре 2023 года открыла новые смыслы этого удивительного постмодернистского коллажа, который за прошедшие годы был дополнен высококачественным благоустройством, выполненным из самых лучших и прочных материалов покрытий, прекрасными металлическими ограждениями пешеходных аллей и набережных, новыми арт-объектами, графическим дизайном городской навигации, изящной осветительной системой. Интертекст и двойное кодирование как ведущие принципы постмодернизма никуда не исчезли, они здесь присутствуют в полной мере, но многослойная целостность и ее гармоничность, панорамы открывающихся при движении пространств чувственно передают нам новый эстетический опыт [6, 10, 12].

Специалист в области языкознания и литературоведения С. В. Ерохин, анализируя книгу Ч. Дженкса, дает более глубокий перевод определения принципа «двойного кодирования». Под двойным кодированием подразумевается игра писателя с несколькими разными смыслами, из которых массовый читатель (слушатель) считывает «верхний», очевидный и общедоступный код, в то время как элитарный читатель – скрытый интеллектуальный код [11]. Это сформулировано мягко, без иронии и китча.

Я – взрослый человек, но оказалось очень просто спрятать подальше свой многолетний опыт изучения теории архитектуры и градостроительства, опыт преподавания – туда же, и оказаться беззаботным пешеходом, чувственно ощутить эстетическое наслаждение от дружелюбного неироничного цитирования лучших образцов российской и европейской архитектуры, в которых доминируют

храмовые комплексы, а также целесообразно разместились городские функции – театры, много музеев, объекты образования, офисы, туристические гостиницы и многое другое, все живет [12]. Два берега Малой Кокшаги – оба реальны, прекрасны, хочется узнать и полюбить оба!!! (рис. 1, 2, 4, 5, 6 цв. вклейки). Мне было очень комфортно в роли познающего мир ребенка, без предвзятости открытого и дружелюбного к новому, необычному, чужому.

Влияние реализованного проекта на мировосприятие жителей Йошкар-Олы, ради которых, собственно, десятилетие назад и создавался этот масштабный эксперимент, особенно ярко проявилось, когда наша самарская делегация посетила Национальную художественную галерею на площади Оболенского-Ноготкова (рис. 11 цв. вклейки), и мы убедились в действии законов художественной интеграции – теперь местные художники включают удивительную архитектуру интертекста в свои картины (рис. 13, 14 цв. вклейки) [13].

Какой же в этом эксперименте был загадочный скрытый интеллектуальный код, предназначенный для подготовленного профессионала? Вот в этом-то мне как теоретику и хотелось бы разобраться более подробно и системно, и я попытаюсь продолжить свое исследование! А вывод полученных впечатлений основан на неподдельном интересе к этому архитектурному феномену. *Вывод простой: удивиться и полюбить!*

***«Застывшая музыка» своего времени (Бородов В. Е.)***

…Рождение города Йошкар-Олы как военной крепости связано с крупнейшим историческим событием – вхождением марийского края в состав Российского государства в середине XVI века после разгрома Казанского ханства. Постепенно, теряя военное значение в конце XVI века, Царевококшайск превратился в город, в котором, помимо царских стрельцов и служилых людей, жили купцы, ремесленники и крестьяне. Рядом с военной крепостью постепенно возник небольшой посад. Первые каменные постройки относятся только к середине XVIII века. В основном это были культовые сооружения. В начале XX века Царевококшайск был тихим провинциальным городом. К 1903 году по статистическим данным в городе имелось пятнадцать улиц, три площади, главная из которых Базарная (далее Площадь Революции, на ее месте ныне Царевококшайский кремль), один общественный сад, пять начальных школ, две библиотеки, одна больница. В городе проживало 2554 человека.

В 1970–1990 годы город растет и строится. Строятся современные жилые микрорайоны и общественные здания. Своеобразие городу придают памятники старины, парки и скверы, обилие зелени, водная гладь реки Малая Кокшага, а также новые архитектурные объекты, выполненные в стиле модернизма, которые стали знаковыми для города. Это здание Совета Министров республики, обкомов КПСС и ВЛКСМ (арх. С. Клейменов, 1971), Дворец культуры им. 30-летия Победы (типовой проект, 1977); Дворец культуры им. В. И. Ленина (арх. А. Галицкий, 1977); Дом политического просвещения Марийского обкома КПСС, Дом Дружбы, Общественно-политический центр при Президенте Республики Марий Эл (арх. В. Сумцев, Ф. Таишев, А. Галицкий, 1977), Республиканский русский драматический театр им. Г. В. Константинова (арх. А. Галицкий, 1984); Республиканская национальная библиотека им С. Г. Чавайна (арх. Г. Гердт, В. Бабенко, А. Чеботарев, 1986); многоквартирный жилой «дом-бабочка» (арх. А. Галицкий, 1991).

Появление в конце 1980-х – начале 1990-х годов архитектурных мастерских, в состав которых входили молодые и опытные архитекторы из ведущих проектных организаций города, позволило внести разнообразие в архитектурный облик города. Строятся жилые дома с новым подходом к объемно-планировочным решениям: ул. Пушкина (арх. А. Кормачов, 1992); ул. Пролетарская (арх. А. Чеботарев, Э. Иванов,1995); по ул. Я. Эшпая (арх. Д. Шайдуллин,1995); по ул. Советской – Чехова (арх. О. Ермаков, 1996).

Объем строительства растет в начале XXI века, продолжая традиции, но и обозначая новые направления в поисках марийских зодчих. Этот период отмечен появлением следующих крупных объектов: 60-квартирный жилой дом со встроенными помещениями торговли и обслуживания на первом этаже по Ленинскому проспекту (арх. Д. Шайдуллин, 2006); жилой дом со встроенным блоком обслуживания по Ленинскому проспекту, 78 (арх. П. Ожиганов, Н. Дмитриев, 2008), по ул. Панфилова (арх. Р. Шагиев, И. Нестерова, 2008). Новые общественные здания: МОУ СОШ «Обыкновенное чудо» ул. Волкова, 126 (арх. А. Кривцов, 2006); ресторан «Аквариум» с ТЦ в парке 30-летия ВЛКСМ (арх. Р. Шагиев, И. Нестерова, 2008); детский центр «Буагага» (арх. А. Егошина, Г. Гердт, 2008); административное здание ОАО «Сбербанк России» (арх. Р. Шагиев, И. Нестерова, 2008).

Архитектурный облик города за последние пятьдесят лет пережил различные этапы развития: от советского модернизма до постмодернизма, с элементами подражания и копирования мировых объектов архитектуры, при этом не потерял свою индивидуальность и самобытность архитекторов, которые создали интересные и уникальные объекты.

Среди памятников архитектуры, охраняемых государством: Вознесенская церковь (1756); дом Пчелина (середина XVIII в.); Дом Советов (1937). Проведена реставрация дома Лоханова по ул. Чернышевского, начала XX в., Троицкой и Вознесенской православных церквей.

В начале XXI века многие знаковые места в городе подверглись реновации. Преобразились центральная площадь, общественные места и набережная реки Малая Кокшага. Появились новые архитектурные объекты, которые за счет повторяемости своих прототипов и узнаваемости позволяют жителям и гостям города побывать за несколько часов в Голландии, Бельгии, Италии, Санкт-Петербурге, Москве и других уголках земного шара.

***Взгляд на современную архитектуру Йошкар-Олы: образ новой реальности (Самогоров В. А.)***

Сохранение и развитие среды российских городов остается одной из наиболее актуальных проблем отечественного градостроительства [14]. Пути ее решения разнообразны и требуют внимательного изучения и осмысления. Тому пример – новый общественный центр Йошкар-Олы (рис. 6 цв. вклейки).

Определение этого градостроительного феномена в системе – «хорошо – плохо», не исчерпывает его содержания и не проясняет ситуацию. К настоящему моменту появились научные труды в области урбанистики [15], социологии города [16], теории градостроительства и архитектуры [6, 17, 18, 19], которые формируют междисциплинарный дискурс, позволяющий дать оценку этому явлению. Рассмотрим такой аспект осмысления, как архитектурный образ.

Для анализа воспользуемся методом феноменологической редукции, смысл которой заключается в схватывании сущности объекта в процессе

непосредственного восприятия, не замутненного установками предшествующего профессионального опыта. Поэтому сознательно оставляем за скобками такие понятия, как «аутентичность», «идентичность», концепцию устойчивого развития, принципы сохранения и реконструкции объектов культурного наследия Венецианской хартии и другие, тем более что речь идет о вновь созданном градостроительном объекте – новом центре Йошкар-Олы, возникшем одномоментно, подобно общественным центрам в Чандигархе Ле Корбюзье и Новой столице Бразилии Оскара Нимейера.

Архитектурный образ как субъективный феномен имеет многослойную конструкцию, первичными элементами которой являются план, объемно-пространственная композиция центра, улицы, бульвары, городские панорамы и силуэт, отдельные архитектурные постройки, монументы, малые архитектурные формы, детали зданий и другие. Отметим, что эта теоретическая конструкция не существует изолированно, она включена в городской контекст, образуя с ним неразрывное целое.

Планировочная структура Йошкар-Олы отражает принципы организации социалистического города, в котором застройка конструктивистского периода чередуется с кварталами военного и послевоенного строительства, хрущевской застройкой и зданиями советского модернизма. Пространственная организация жилых районов ориентирована на градообразующие промышленные предприятия. В этом смысле она не отличается от застройки большинства городов советского времени и достаточно типична. Уникальные черты ей придает небольшая река Малая Кокшага, которая делит город на две части, и новый общественный центр города, который построен вдоль ее берегов.

Очертания реки определили общую живописную объемно-пространственную композицию центра, воспринимаемую с мостов, набережных, бульваров и площадей. С них открываются городские панорамы с вертикалями церквей, башен общественных зданий, имитирующих образ исторически сложившейся городской среды, на деле являющейся набором симулякров, в терминологии Ж. Бодрийяра [20] – того, чего не существует (а еще точнее – того, чем они не являются), создавая новую реальность.

Согласно теории архитектуры города, А. Росси, архитектурный образ формируется фактами городской среды [17], т. е. рекой, кварталами, постройками, малыми архитектурными формами. Оценивая их индивидуальность, оригинальность, функциональность, стилистическую принадлежность, мы вводим их и создаваемую ими пространственно-планировочную композицию городского центра в разряд художественных явлений, рассуждая о них как о произведениях архитектуры.

В архитектурном образе центральной части реализован классический принцип постмодернизма – «сдирание» [6]. Его провозгласили идеологи этой концепции – Р. Вентури и Ч. Дженкс, и в рамках этой парадигмы новый центр Йошкар-Олы представляет собой образец, иллюстрирующий этот подход. В причудливом сочетании здесь цитируются архитектурные образы Москвы, Санкт-Петербурга, Европы, формируя многослойный пространственный коллаж. Историзм (*Historicism*) и радикальное возрождение (*Straight revivalism*) как направления архитектурного проектирования постмодернизма стали основой создания ретроспективных и архаизированных образов. В рамках концепции радикального эклектизма (Ч. Дженкс) соединяются архитектурные формы,

восходящие к разным стилям, что в рамках постмодернистского мышления однозначно воспринималось как достижение.

Анализируя образ центральной части города, можно сказать, что новый центр достаточно удачно включен в существующую планировочную структуру городских улиц (пр. Ленина, бульвар Чавайна, Царьградский пр.), продолжая основные направления улиц и связывая жилые районы разных берегов реки Малой Кокшаги. Если говорить о включенности новой застройки в существующий центр города и, в частности, в ансамбль площади Ленина с разностилевой застройкой 1930-х, 1950-х, 1970-х годов, то она не выглядит дисгармонирующей. Все это укладывается в парадигму «города-коллажа», который предполагает отказ от однозначности и стереотипности оценок. Пространственный коллаж в данном случае выступает как средство художественной выразительности, который дополняется метафорическим и формально-стилистическим коллажами, реализуя творческий метод постмодернизма [6].

Обобщая сказанное, отметим, что город получил новый общественный центр, застройка которого представляет собой грандиозную стилизованную декорацию на тему архитектурных образов «прошлого». Структура застройки воспроизводит традиционную типологию зданий, не предлагая особых инновационных решений, а включенность в эту архитектурную декорацию аутентичных построек, таких как Воскресенский собор (1756) или Театр драмы им. Г. В. Константинова (1984) создает образ исторической достоверности нового городского центра (рис. 7, 8, 9 цв. вклейки). Кроме того, десятилетняя патина, появившаяся на новых зданиях, вселяет надежду на то, что жизнь окажется мудрее, а город примет новый центр и адаптирует его к своим потребностям.

***Новое дыхание Йошкар-Олы (С. А. Тимофеев)***

Архитектура – чувственный вид искусства, как музыка, или еще точнее, балет. Недаром говорят: «Архитектура – застывшая музыка». Линии, формы, объемы, детали и пространства между ними, находящиеся в различных начертаниях и цветовых оттенках, взаимодействуют между собой в различных пропорциях и ритмических рядах, вызывают у зрителя на подсознательном уровне поведенческие чувства радости, счастья, любви, или тоски, уныния (и так бывает).

*Ах, как мы много голоду*
*Испытываем смолоду.*
*Морковь едим,*
*Щавель едим,*
*Еще чего поесть глядим.*
*Жадны, как черти, до кино –*
*Глядим любое, все равно.*
*Вихрастые мальчишки,*
*Вовсю глотаем книжки.*

*На сцене что ни ставится,*
*Нам до упада нравится.*
*И только к старости, зато*
*Нам все на свете – ересь:*
*Щавель – не то,*
*Морковь – не то,*
*Любовь – не то…*
*Наелись*

*Александр Люкин*

Когда попадаешь в искусственно созданную среду исторических аналогов европейских и российских образцов-объектов архитектуры в городе Йошкар-Ола, то невольно чувствуешь, как душа переполняется ЛЮБОВЬЮ к этому городу! И тут же начинаешь задумываться с профессиональной точки зрения: зачем такое

копирование красивых архитектурных объектов из других населенных мест и стран? И первая мысль, которая напрашивается: а не реакция ли это на обедненную по своим эстетическим качествам современную архитектуру в нашей стране?

Думаю, анализирую и прихожу к выводу, что это основная и главная причина случившегося. Для реализации внесения одухотворенности в городскую среду в Йошкар-Оле использован архитектурный прием включения в нее известных объектов, уже опробованный в других странах, например, в Турции и Китае. Сила ЛЮБВИ к своему Отечеству и желание сделать свой город еще прекраснее привели к яркому свершению! (рис. 10 цв. вклейки).

***Мечта об идентичности (В. Л. Пастушенко)***

Знакомство с новым центром Йошкар-Олы для архитектора с профессиональным модернистским прошлым и настоящим вызывает неоднозначные эмоции и уже подзабытые размышления на тему постмодернистского историзма 40-летней давности, в контексте отношений старого и нового.

Обращение к историческим образцам и стилям в конце 1990-х и «нулевых» годов XXI века было распространенным явлением в российской архитектуре. У многих архитекторов в личном портфолио имеются образцы такой архитектуры. У нас (архитектурное бюро Пастушенко и Самогорова) тоже построен «Голландский дом». В каждом российском городе можно встретить образцы по подобию «Лужковского стиля», но в Йошкар-Оле это реализовано в масштабе архитектурного ансамбля – большого фрагмента городской среды, что представляет собой уникальный градостроительный эксперимент.

Возникновение этого архитектурного комплекса напоминает игру в детский строительный конструктор, только в натуральном масштабе. Ясно, что концепцию проекта определял не архитектор, но большой любитель архитектуры, человек одержимый. Сами архитекторы вряд ли бы обратились к прямым цитатам Спасской башни или храма Спаса на Крови, или прямым цитатам венецианского и флорентийского стиля (рис. 11 цв. вклейки). На первый взгляд, весь этот микс напоминает Диснейленд, но, с другой стороны, все объекты сформировали новое общественное пространство и функционируют: в церквях идут службы, в застройке на набережной Брюгге располагаются офисы министерств, на самой набережной работают рестораны и кафе, в зданиях палаццо разместились музей и художественная галерея. Весь новый комплекс вживается в город: появились потоки туристов, в летнее время новая набережная и площади стали местом отдыха горожан. В такой реальности никого, кроме архитекторов, не волнуют вопросы чистоты архитектурного решения, и через два-три поколения жителей города никто не будет воспринимать эту застройку как новодел (рис. 12 цв. вклейки).

Уникальность настоящей ситуации в Йошкар-Оле заключается в том, что в средовой контекст модернистской застройки конца XX века искусственно и единовременно помещен фрагмент застройки псевдосредневекового города. Скорее всего это можно воспринимать как протест против современной архитектуры в целом, которая утратила качества со-масштабности, разнообразия, соответствия традициям, утратила все то, чем определяется идентичность места.

PS: В художественной галерее, расположенной в здании, похожем на палаццо Дожей, появилась картина по мотивам ренессансной живописи: в центре

изображена мадонна с младенцем, а антуражем служит застройка нового «средневекового» центра Йошкар-Олы в стиле проторенессанса (рис. 13, 14 цв. вклейки).

**Заключение**

На круглом столе 07.12.2023, по итогам которого сложилась настоящая статья, советник РААСН В. В. Мамуткин привел слова академика А. В. Кузьмина, сказанные им во время пребывания в Йошкар-Оле несколько лет назад, о том, что эта новая реальность уже существует, городская среда складывается, и в ней надо жить.

И здесь уместно обратиться к словам теоретика архитектуры М. В. Дуцева о сложном явлении театрализованной среды: «Театр зачастую представляется нам как лицедейство и возможность иной реальности, однако, это суждение не столь однозначно. «Театр» жизни, бытовые «роли», средовые «декорации» сопровождают повседневность человека в окружении архитектуры. Так, город предстает театром, совмещающим реальное с вымыслом, надеждами, воспоминаниями» [21].

«Широко известно, как время преобразует место. И то, что еще недавно было новым, становится «архитектурным слепком эпохи». Менее известно, как место преобразует время» [22]. Зрелищная, выставочная среда, воплощение мифа чужой идентичности существует во времени и пространстве города, в ней живет и воспитывается житель, ее рассматривает и оценивает гость… Изучив этот феномен с разных сторон, авторы статьи не пришли к однозначным выводам, а лишь наметили отдельные векторы для изучения явления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Йошкар-Ола. Создание нового архитектурного стиля города. – URL: https://достижения.рф/achievements/region/2063. – Текст : электронный.
2. Гельфонд, А. Л. Архитектура общественных пространств / А. Л. Гельфонд. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 412 с. – ISBN 978-5-16-014070-4. – Текст : непосредственный.
3. Дуцев, М. В. Архитектурно-художественная среда как актуальная история человека / М. В. Дуцев. – Текст : непосредственный // Художественная культура. – 2019. – № 4 (31). – С. 30–35.
4. Стариков, С. В. Йошкар-Ола – Красный город России / С. В. Стариков. – Йошкар-Ола : Легенда, 2013. – 252 с. – ISBN 978-5-85247-723-1. – Текст : непосредственный.
5. Ахмедова, Е. А. Эстетика архитектуры и дизайна : учебное пособие / Е. А. Ахмедова ; Самарский архитектурно-строительный университет. – Самара, 2007. – 432 с. : ил. – ISBN 978-5-9585-025-6. – Текст : непосредственный.
6. Дженкс, Ч. Язык архитектуры постмодернизма / перевод с английского А. В. Рябушина, М. В. Уваровой ; под редакцией А. В. Рябушина, В. Л. Хайта. – Москва : Стройиздат, 1985. – 136 с. – Текст : непосредственный.
7. Худин, А. А. История теории стиля постмодернизм в зарубежной архитектуре : специальность 2.1.11 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры / Худин Алексей Александрович ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – 53 с. – Текст : непосредственный.

8. Еремин, Б. К. Градостроительное искусство реконструкции исторических городов / Б. К. Еремин ; составители М. В. Комский, Б. В. Гандельсман, М. Н. Туркатенко. – Москва : МАрхИ, 2016. – 456 с. : ил. – Текст : непосредственный.

9. Солодилов, М. В. Формирование системы достопримечательных мест на базе историко-архитектурного наследия г. Тольятти / М. В. Солидолов. – Текст : непосредственный // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура: научно-технический журнал. – Самара, 2012. – Выпуск № 2. – С. 30–36.

10. Бондаренко, И. А. Творчество без образца / И. А. Бондаренко. – Текст : непосредственный // Вопросы теории архитектуры. Архитектурное сознание XX – XX1 веков: разломы и переходы. – Москва, 2001. – 288 с.

11. Ерохин, С. В. Концепция постмодернистской архитектуры Чарльза Дженкса / С. В. Ерохин. – Текст : непосредственный // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2017. – № 10 (84). – С. 63–68.

12. Ахмедова, Е. А. Принципы сохранения историко-культурной многослойности общественных пространств: диалог времен / Е. А. Ахмедова, И. И. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Градостроительство и архитектура. – 2022. – Том 12, № 2. – С. 54–62.

13. Дуцев, М. В. Концепция художественной интеграции в новейшей архитектуре : монография / М. В. Дуцев ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2013. – 388 с. – ISBN 978-5-87941-926-9.

14. Ахмедова, Е. А. Диалог времен: актуальные проблемы сохранения и развития архитектурно-градостроительной среды российских городов / Е. А. Ахмедова. – Текст : непосредственный // Архитектура и строительство России. – 2023. – № 3. – С. 4.

15. Глазычев, В. Л. Урбанистика / В. Л. Глазычев. – 2-е издание, стереотипное. – Москва : Европа, КДУ, 2017. – 228 с. – ISBN 978-5-9739-0148-6. – Текст : непосредственный.

16. Лобанова, А. С. «Да, не в тему, но красиво же, красиво!»: восприятие городского пространства жителями пространства Йошкар-Олы / А. С. Лобанова. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/da-ne-v-temu-no-krasivo-zhe-krasivo-vospriyatie-gorodsko-go - prostranstva-zhitelyami-yoshkar-oly/viewer. – Текст : электронный.

17. Росси, А. Архитектура города / А. Росси ; перевод с итальянского А. Голубцовой. – 3-е издание. – Москва : STRELKA PRESS, 2017. – 262 с. – ISBN 978-5-906264-51-0. – Текст : непосредственный.

18. Роу, К. Город-коллаж / К. Роу, Ф. Кеттер ; перевод с английского И. Третьяков – Москва : Strelka Press, 2018. – 208 с. – ISBN: 978-5-906264-81-7. – Текст : непосредственный.

19. Васильев, Н. Ю. Коллаж в дизайне и архитектуре. Каждый видит по-своему / Н. Ю. Васильев. – Екатеринбург : TATLIN, 2018. – 132 с. – Текст : непосредственный.

20. Бодрийяр, Ж. Симулякры и симуляции / Ж. Бодрийяр ; перевод с французского А. Качалова. – Москва : ПОСТУМ, 2015. – 240 с. – ISBN 978-5-91478-023-1. – Текст : непосредственный.

21. Дуцев, М. В. Архитектурный «театр» – игра или исповедь? / М. В. Дуцев. – Текст : электронный // VI Хан-Магомедовские чтения : материалы научной конференции, 14 марта 2022 года. – URL: https://archi.ru/lib/book.html?id=2146113847&fl=5.

22. Гельфонд, А. Л. Место и время в архитектуре кампусов вузов / А. Л. Гельфонд, А. В. Попов, М. В. Дуцев [и др.]. – Текст : непосредственный // Проект Байкал. – 2023. – № 3. – С. 104–111.

**GELFOND[1] Anna Lasarevna, academician of RAACS, doctor of architecture, professor, holder of the chair of architectural design; AKHMEDOVA[2] Elena Aleksandrovna, academician of RAACS, doctor of architecture, professor, holder of the chair of urban planning; SAMOGOROV[2] Vitaly Aleksandrovich, corresponding member of RAACS, candidate of architecture, professor, holder of the chair of architecture; TIMOFEEV[1] Sergey Aleksandrovich, corresponding member of RAACS, honored architect of the Russian Federation; PASTUSHENKO[2] Valentin Leonidovich, professor of the chair of architecture; BORODOV[3] Vladimir Evgenevich, professor, chairman of the Board of the Union of architects of Mariy El**

## ARCHITECTURE OF YOSHKAR-OLA AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY. VIEWS AND REFLECTIONS

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Тел.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: gelfond@bk.ru
[2]Samara Technical University
244, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443100, Russia; e-mail: dir_inst_arch@bk.ru, samogorov@mail.ru.
[3]Volga State Technological University
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russia; e-mail: ps-vp@mail.ru
*Key words:* Yoshkar-Ola, addressee of architecture, phenomenon, historical and architectural environment, modernism, postmodernism, identity.

---

*The article is devoted to the architecture of Yoshkar-Ola of the beginning of the XXI century. Arising as a direct copying of famous architectural works, the urban environment lives, develops and requires professional assessment. In the article, the authors express their views on this phenomenon, analyzing for the first time its historical, theoretical, practical manifestations in space and time. The material is accompanied by photographs of objects made by the authors of the article.*

---

REFERENCES

1. Yoshkar-Ola. Sozdanie novogo arkhitekturnogo stilya goroda [Yoshkar-Ola. Creation of a new architectural style of the city]. URL: https://dostizheniya.rf/achievements/region/2063.
2. Gelfond A. L. Arkhitektura obshchestvennykh prostranstv [Architecture of public spaces] / Moscow: INFRA-M, 2019. — 412 p. – ISBN 978-5-16-014070-4.
3. Dutsev M. V. Arkhitekturno-khudozhestvennaya sreda kak aktualnaya istoriya cheloveka [Architectural and artistic environment as a current human history] / Khudozhestvennaya kultura [Art and Culture Studies], 2019, № 4 (31). P. 30–35.
4. Starikov S. V. Yoshkar-Ola – Krasny gorod Rossii [Yoshkar-Ola – The Red City of Russia] / Yoshkar-Ola : Legenda, 2013. – 252 p. – ISBN 978-5-85247-723-1.
5. Akhmedova E. A. Estetika arkhitektury i dizayna [Esthetic of Architecture and Design]: uchebnoe posobie / Samarsk. arkhitektur.-stroit. un-t. – Samara, 2007. – 432 p. : il. – ISBN 978-5-9585-025-6.
6. Jencks Ch. Yazyk arkhitektury postmodernizma [The language of post-modern architecture] / Per. s angl. A.V. Ryabushina i M. V. Uvarovoy; pod red. A. V. Ryabushina i V. L. Khayta – Moscow : Stroyizdat, 1985. – 136 p.

7. Khudin A. A. Istoriya teorii stilya postmodernizm v zarubezhnoy arkhitekture [History of the theory of postmodernism style in foreign architecture] : spetsialnost 2.1.11 : avtoreferat dissertatsii doktora arkhitektury. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. – 53 p.

8. Eryomin B. K. Gradostroitelnoe iskusstvo rekonstruktsii istoricheskikh gorodov [Urban planning art of reconstruction of historical cities] ; sostaviteli: M. V. Komskiy, B. V. Gandelsman, M. N. Turkatenko. Moscow, MArkhI, 2016. 456 p. : il.

9. Solodilov M. V. Formirovanie sistemy dostoprimechatelnykh mest na baze istoriko-arkhitekturnogo naslediya g. Tolyatti [The formation of a system of attractions based on historical-architectural heritage of Togliatti]. Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arkhitektura [Bulletin of SGASU. Urban construction and architecture]: nauchno-tekhnicheskiy zhurnal. – Samara, 2012. – Issue № 2. – P. 30–36.

10. Bondarenko I. A. Tvorchestvo bez obraztsa [Creativity without a model] // Voprosy teorii arkhitektury. Arkhitekturnoe soznanie XX-XXI vekov: razlomy i perekhody. – Moscow, 2001. – 288 p.

11. Erokhin S. V. Kontseptsiya postmodernistskoy arkhitektury Charlza Dzhenksa [Charles Jencks' concept of postmodern architecture] / /Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kulturologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki [Historical, philosophical, political and law sciences, culturology and study of art. Issues of theory and practice]. 2017. №10 (84). – P. 63–68.

12. Akhmedova E. A., Kuznetsov I. I. Printsipy sokhraneniya istoriko-kulturnoy mnogosloynosti obshchestvennykh prostranstv: dialog vremyon [Principles of preserving the historical and cultural multi-layeredness of public spaces: dialogue of times] // Gradostroitelstvo i arkhitektura [Urban construction and architecture]. 2022. Vol.12, № 2. P. 54–62.

13. Dutsev M. V. Kontseptsiya khudozhestvennoy integratsii v noveyshey arkhitekture [The concept of art integration in contemporary architecture]: monografiya // Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2013. – 388 p. – ISBN 978-5-87941-926-9.

14. Akhmedova E. A. Dialog vremyon: aktualnye problemy sokhraneniya i razvitiya arkhitekturno-gradostroitelnoy sredy rossiyskikh gorodov [Dialogue of times: current problems of preservation and development of the architectural and urban environment of Russian cities] // Arkhitektura i stroitelstvo Rossii [Architecture and construction of Russia]. 2023. № 3. P. 4.

15. Glazychev V. L. Urbanistika [Urbanism]. – 2-e izdanie, stereotipnoe. – Moscow : Evropa, KDU, 2017. – 228 p. – ISBN 978-5-9739-0148-6.

16. Lobanova A. S. «Da, ne v temu, no krasivo zhe, krasivo!»: vospriyatie gorodskogo prostranstva zhitelyami prostranstva Yoshkar-Oly [Yes, off topic, but it's beautiful, beautiful!": perception of urban space by residents of Yoshkar-Ola]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/da-ne-v-temu-no-krasivo-zhe-krasivo-vospriyatie-gorod-skogo-prostranstva-zhitelyami-yoshkar-oly/viewer.

17. Rossi A. Arkhitektura goroda [Architecture of city] / Per. s ital. A. Golubtsovoy. Moscow : Strelka Press, 2017. – 262 p. – ISBN 978-5-906264-51-0.

18. Rou K., Ketter F. Gorod-kollazh [Collage city] / Per. s angl. I. Tretyakov. – Moscow : Strelka Press, 2018. – 208 p. – ISBN: 978-5-906264-81-7.

19. Vasilev N. Yu. Kollazh v dizayne i arkhitekture. Kazhdy vidit po-svoemu [Collage in design and architecture. Everyone sees differently]. – Ekaterinburg: TATLIN, 2018. – 132 p.

20. Bodriyyar Zh. Simulyakry i simulyatsii [Simulacrums and simulations] / per. s fr. A. Kachalova. – Moscow : POSTUM, 2015. – 240 p. – ISBN 978-5-91478-023-1.

21. Dutsev M. V. Arkhitekturny «teatr» – igra ili ispoved? [Architectural "theater" – a game or a confession?]. VI Khan-Magomedovskie chteniya. Materialy nauchnoy konferentsii 14 marta 2022 goda. URL: https://archi.ru/lib/book.html?id=2146113847&fl=5

22. Gelfond A. L., Popov A. V., Dutsev M. V., et al. Mesto i vremya v arkhitekture kampusov vuzov [Place and time in architecture of university campuses] / Proekt Baikal, 2023, № 3. P. 104–111.

**© А. Л. Гельфонд, Е. А. Ахмедова, В. А. Самогоров, С. А. Тимофеев, В. Л. Пастушенко, В. Е. Бородов, 2024**
Получено: 09.01.2024 г.

**УДК 711.12+711.424**

**Н. С. САПРЫКИНА, д-р архитектуры, доц., зав. кафедрой градостроительства**

# СПЕЦИФИКА МАЛОЭТАЖНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ КВАРТАЛОВ 1940-1950-Х ГОДОВ В Г. ЯРОСЛАВЛЕ

ООВО (ЧУ) Академия «МУБиНТ» (г. Ярославль)
Россия, 150999, г. Ярославль, ул. Советская, д. 80.
Тел.: +7 800 700 1600, доб. 2510; эл. почта: saprykinans@edu.mubint.ru
*Ключевые слова:* квартал, планировка, композиция, малоэтажная застройка, территория, здание, послевоенное десятилетие, Ярославль, специфика.

*Выявляются и рассматриваются примеры и варианты малоэтажной жилой застройки в г. Ярославле, спроектированной и построенной в послевоенное десятилетие XX века. Анализируются планировочная структура и композиция кварталов в зависимости от особенностей размещения их на территории города, влияние таких факторов, как общие градостроительные тенденции времени, региональные особенности и историческая среда. Определяется специфика малоэтажной капитальной застройки в г. Ярославле рассматриваемого периода.*

Изучение архитектурно-градостроительной специфики развития Ярославля в советский период началось сравнительно недавно; первые научные работы в данном контексте появились в 1990-е гг. Несмотря на достигнутые результаты в сборе и анализе информации, публикации ряда статей и монографий по истории архитектуры города, сегодня еще остаются многие «белые пятна», стирание которых могло бы дополнить общую картину формирования нового облика города, сделать ее более глубинной и детальной, определить новые директории исследований. Таким мало изученным вопросом сегодня остается градостроительная специфика послевоенного времени Ярославля, что неизбежно сказывается на искаженном определении ценности застройки данного времени, позволяет легко принимать вопросы о ее сносе, перестройке, уплотнении и т. д.

В послевоенное десятилетие XX века в Ярославле при сравнительно небольших объемах строительства основное внимание уделялось формированию жилых кварталов и застройке их малоэтажными зданиями, что было обусловлено многочисленностью производственных предприятий (существующих, строящихся, планируемых), расположенных в разных частях города, которые по окончании Великой Отечественной войны стали активно переключать производство на «мирные рельсы», развивать его, комплексно улучшать жилищные условия для своих работников. При этом были реализованы практически все основные варианты типов застройки, которые существовали в практике советского градостроительства [1].

Основным фактором разнообразия являлся контекст среды, в которую встраивались новые градостроительные объекты, либо особенности осваиваемых территорий, свободных или частично свободных от застройки, дисперсно расположенные в границах города (рис. 1).

Большая часть кварталов с капитальной малоэтажной застройкой была построена на территории Сталинского (совр. Ленинского) района, которая линейно протянулась с востока на запад (вдоль железной дороги) от реки Волги по границе с промышленной зоной города. Данное решение было обосновано близостью свободной территории к промышленным объектам (автозавод, шинный и электромоторостроительный заводы, завод «Красный маяк» и др.), для рабочих и служащих которых и строились жилые кварталы.

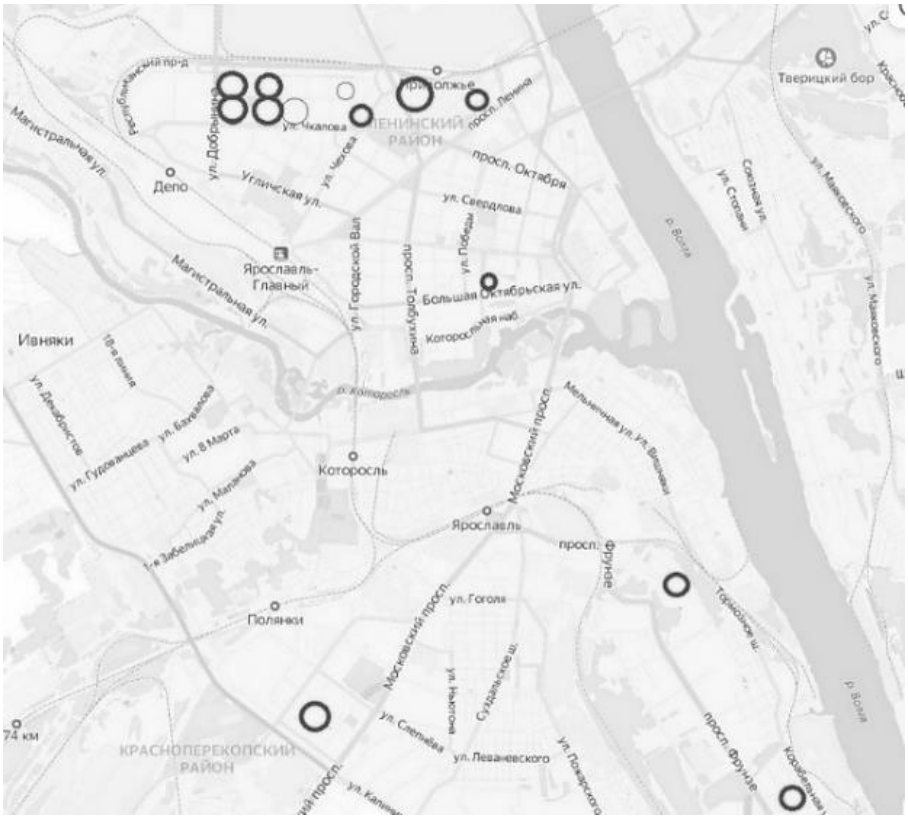



Рис. 1. Схема генплана г. Ярославля с размещением кварталов малоэтажной застройки послевоенного десятилетия

Примером строительства на свободной территории крупными кварталами с малоэтажными жилыми домами и комплексом зданий первичной системы культурно-бытового обслуживания стал «Жилрайон Автозавода» на востоке района, вдоль ул. Чкалова. Освоение территории началось сразу в первые послевоенные годы, еще до разработки проекта детальной планировки жилого района, выполненного Ленинградским отделением «Горстройпроект» в 1950 году (рис. 2).

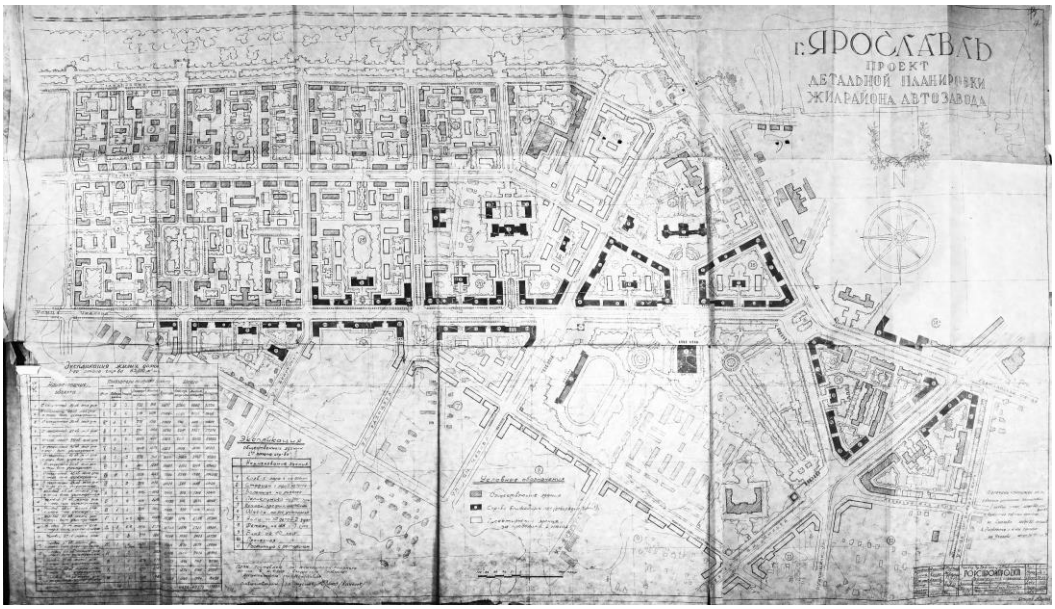



Рис. 2. Проект детальной планировки жилого района «Автозавода». 1950 г. (штриховкой показаны построенные здания) [2]

Из проекта мы видим, что большая часть жилой застройки семи кварталов уже была реализована к рассматриваемому времени, при этом с базовыми элементами соцкульбыта: школами, детскими садами и яслями, встроенными и отдельно стоящими магазинами, техникумом. Все семь крупных прямоугольных кварталов были однотипными по размерам и очертаниям, но индивидуальными по рисунку застройки, при этом они гармонично корреспондировали между собой и составляли единую композицию [2]. Здесь просматриваются характерные виды застройки малоэтажными домами для этого времени – *периметральные групповой и комбинированный*, организованные несколькими типами многократно повторяющихся зданий. Помимо жилища, проектом детальной планировки предусматривалось строительство клуба, стадиона, больницы, профилактория, районного парка, предприятий бытового обслуживания, спортплощадок, скверов, бульваров в ближайшие годы. Центральным ядром всей композиции района был определен зеленый массив парка с клубным ансамблем. В конечном итоге композиционный принцип построения пространства в основном был реализован, в результате чего получилось самодостаточное жилое пространство с ярким образным решением (рис. 1–3 цв. вклейки).

Специфика застройки кварталов, расположенных ближе к реке Волге, определялась трассировкой существующих улиц, фрагментарно обуславливались наличием довоенной застройки. Размеры кварталов были контрастные (большие и маленькие), преимущественно треугольной конфигурации, следствием чего был выбор не самых распространенных типов застройки – *периметральных свободного и тупикового*. Например, жилой квартал шинного завода (конец 1940-х – начало 1950-х гг.) получил периметрально свободный тип застройки несмотря на относительно ровную поверхность территории (рис. 4 цв. вклейки). Расположенный вдоль железной дороги в районе станции Приволжье в г. Ярославле квартал был очерчен улицами и проездом в форме почти правильного треугольника с равными сторонами площадью около 5 га.

# К СТАТЬЕ Н. С. САПРЫКИНОЙ «СПЕЦИФИКА МАЛОЭТАЖНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ КВАРТАЛОВ 1940-1950-Х ГОДОВ В Г. ЯРОСЛАВЛЕ»

Рис. 1. Периметральная групповая застройка квартала по ул. К. Либкнехта

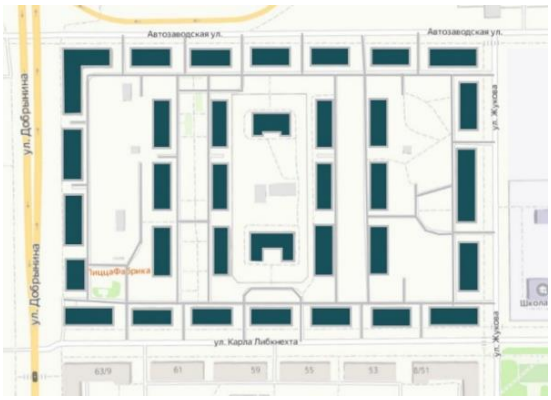



Рис. 2. Периметральная строчная застройка квартала по ул. К. Либкнехта

Рис. 3. Периметральная комбинированная застройка по ул. Чкалова

Рис. 4. Периметральная свободная застройка по пр. Октября

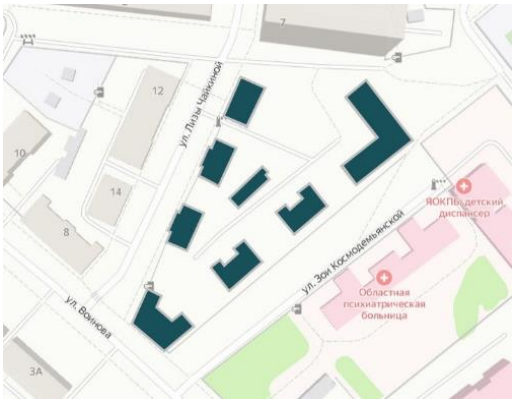



Рис. 5. Периметральная тупиковая застройка квартала по ул. Зои Космодемьянской

Рис. 6. Периметральная многорядная застройка квартала с курдонерами по ул. Менделеева

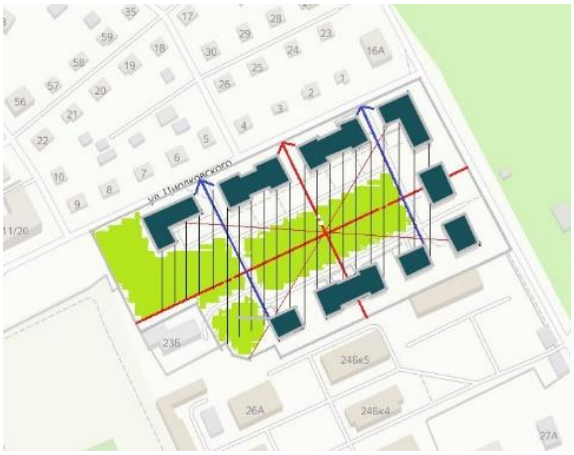



Рис. 7. Периметральная однорядная застройка квартала по ул. Циолковского

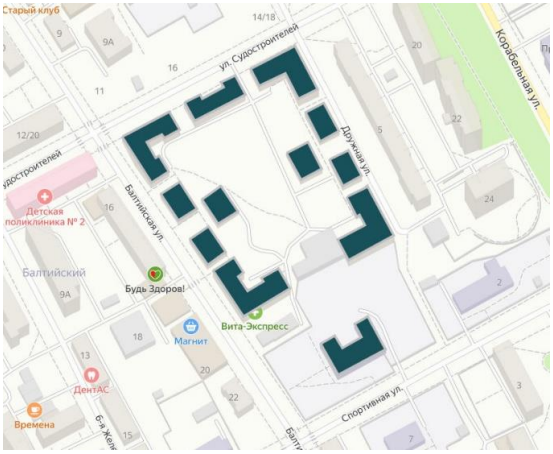



Рис. 8. Периметральная однорядная застройка квартала с курдонерами по ул. Судостроителей

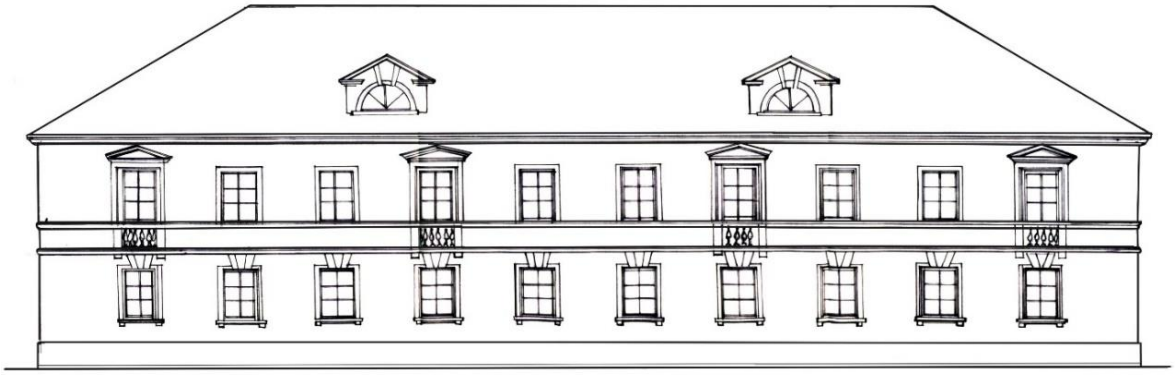


Рис. 9. Проект малоэтажного жилого дома на 16 квартир по улице Пушкина, 1947 г.

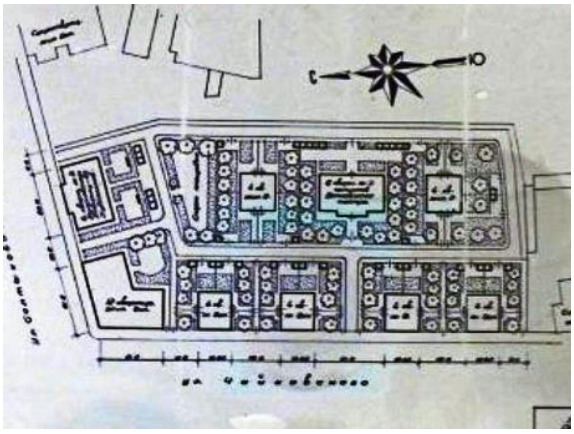


Рис. 10. Жилой комплекс по ул. Чайковского, арх. П. И. Курицын, 1947–1950-х гг. (архивный чертеж [7])

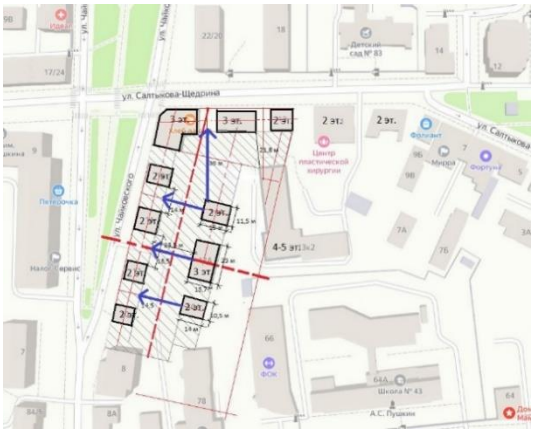



Рис. 11. «Театральный квартал» по ул. Чайковского (двухрядная застройка

Острые углы его были закреплены трехэтажными жилыми зданиями Г-образного очертания, а границы – периметральной однорядной, преимущественно двухэтажной застройкой без отступов (исключение – историческая застройка). Особенности ритма периметральной застройки квартала определялись параметрами новых рядовых зданий двух типов и разрывов между ними, которые подчеркивали композиционные центры фронтальных разверток. Со стороны Тутаевского шоссе (совр. пр. Октября) акцент в композиции был сделан на существующем здании второй линии – корпусе больницы. Внутреннее пространство квартала включало еще несколько исторических построек, относящихся к больнице, которые были сгруппированы ближе к южному углу. У северо-западного угла размещался новый детский сад, у северо-восточного – здание с группой хозяйственных построек для жилого фонда. Все объекты располагались на территории свободно относительно друг друга, но параллельно внешним граням кварталов, к которым они были ближе [3].

Другой квартал, расположенный восточнее предыдущего, представляет собой редкий вариант периметрально-тупикового решения, т. к. несмотря на окружающие улицы, тупиковый проезд к подъездам домов расположен посередине квартала от его широкой грани к острому углу. Его форма в виде равнобедренного треугольника напоминает жилой квартал шинного завода, но размеры резко отличаются (рис. 5 цв. вклейки). Площадь территории составляет всего около 1 га (в самой широкой части размер его не более 100 м, в узкой – 50 м, глубина – 160 м). По периметру квартала, ориентированного острием на юго-запад и оформленного широкими зелеными газонами по внешнему контуру, расположены семь жилых домов в створе друг с другом, но с разными интервалами. Внутри ограниченного пространства есть только проезд и небольшая хозяйственная постройка, элементы благоустройства.

На юго-западной и восточной окраинах города в послевоенный период тоже появилось несколько примеров образцовых кварталов малоэтажной застройки для рабочих и служащих строящихся и развивающихся заводов (судостроительный, тормозной, нефтеперерабатывающий и др.). Разнообразные варианты их застройки определялись особенностями градостроительной ситуации, величиной кварталов, а также приоритетами и возможностями архитекторов и проектных организаций, в ряду которых были институты: Яроблпроект, Горстройпроект, Ленгипрогор. Применялись преимущественно однорядный, однорядный с курдонерами, групповой или комбинированный типы застройки, что было в целом типично для городов СССР (рис. 6–8) [4].

Центральная часть г. Ярославля, имеющая многовековую историю строительства, застраивалась в основном точечными домами, выполненными на основе типовых серий, чаще по индивидуальным проектам. Примером такого характерного строительства является жилой дом на 16 квартир по ул. Пушкина, спроектированный в 1947 году, в основе которого была экономичная четырехквартирная секция, с двухкомнатными квартирами односторонней ориентации, с кухнями площадью от 6 м² и туалетами с раковиной (без ванны). Фасады при этом были оформлены фигурными карнизами, декоративными наличниками с замковыми камнями, балясинами на центральном междуэтажном поясе, что было следствием стилистических тенденций времени и особенностей местоположения (рис. 9 цв. вклейки) [5].

Своеобразным вариантом новой застройки в структуре исторического квартала г. Ярославля стал комплекс жилых домов под названием «Театральный квартал», выполненный по проекту архитектора П. И. Курицына в 1947 – начале 1950-х гг. (рис. 10–11 цв. вклейки) [6]. Градостроительная концепция проекта и масштаб будущего образования были определены конфигурацией территории, существующей исторической застройкой, требованиями экономичности и компактности решения. Прямоугольный вытянутый участок вдоль ул. Чайковского с небольшим фронтом вдоль ул. Салтыкова-Щедрина, характер контекста обусловили размещение первой линии новых жилых домов по периметру квартала в створе с существующими зданиями и с разрывами подобными историческим. Специфика имеющейся глубинной застройки исторического квартала побудила автора разместить вторую линию новых зданий со сдвижкой их в просветы между домами первой линии, одновременно сбалансировав композицию в соответствии с общими градостроительными установками рассматриваемого периода. В итоге получилось следующее решение:

– композиция нового жилого комплекса – практически симметричная, многоплановая, с элементами перспективы;

– ритмичные просветы между зданиями первого ряда соответствуют параметрам зданий второго ряда с подчеркиванием центра квартала;

– застройка осуществлена преимущественно двухэтажными четырехквартирными домами коттеджного типа, трехэтажные шестиквартирные здания секционного типа выступают акцентами квартала:

– внутриквартальное пространство получило экономичную линейную схему трассировки централизованных инженерных сетей и проезда, что в совокупности с максимальной стандартизацией жилья привело к уменьшению затрат на строительство комплекса;

– наряду с обобществленным благоустройством и озеленением территории комплекса предусматривалось наличие индивидуальных территорий благоустройства, прилегающих к домам коттеджного типа; во внутридворовом пространстве были размещены хозпостройки.

Помимо характерных общероссийских решений в проекте жилого комплекса автор сумел реализовать местные традиции, проявившиеся в некоторой живописности, нюансной «неправильности» композиции застройки, отобразить в облике квартала специфику исторического контекста, имеющего многовековую историю: масштаб, камерность, формообразование, стилистику, многоплановость. Это решение стало возможным благодаря выполнению автором индивидуальных проектов жилых зданий для квартала.

На основе обзора и анализа существующей капитальной малоэтажной застройки кварталов послевоенного десятилетия в г. Ярославле можно констатировать, что специфика ее состоит в следующем:

1) в малочисленности и дисперсности размещения в структуре города. Преимущественно строились один-два квартала определенного ведомства среди разнотипной, разновременной застройки или на свободной территории (вблизи завода, фабрики);

2) в наличии одного масштабного примера освоения территории комплексной малоэтажной застройкой со всеми сопутствующими элементами соцкульбыта и преимуществами среды (ул. Чкалова);

3) в применении множества типов застройки ввиду разнообразия величин, конфигурации, ориентации кварталов и их контекста;

4) в дисимметрии композиционного решения застройки кварталов;

5) в использовании преимущественно типовых проектов домов для строительства на периферии и индивидуальных домов для центральной исторической части города.

На современном этапе данное архитектурно-градостроительное наследие послевоенного десятилетия исчезает с карты города, уступая место новой многоэтажной высокоплотной застройке, все больше вытесняя такие понятия и характеристики, как камерность, сомасштабность человеку, гуманность, гармоничность среды и красота архитектуры. В структуре Ярославля еще присутствуют рассматриваемые малоэтажные кварталы, построенные в первое послевоенное десятилетие, но в относительной целостности осталось только около десяти образцов с разнообразными вариантами застройки. Сохранение их в структуре исторического города, наряду с поселками жилищно-строительных кооперативных товариществ, рабочими поселками разного времени, соцгородами и экспериментальными микрорайонами, могло бы превратить его в своеобразный «заповедник» градостроительных концепций советского периода, придать ему новый вектор смысловой нагрузки в области туризма, архитектурной науки и будущих измерений интереса к наследию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мостаков, А. Квартал в системе города. Планировка и архитектура квартала / А. Мостаков. – Текст : непосредственный // Архитектура СССР. – 1940. – № 9. – С. 4–6.

2. Государственный архив Ярославской области (ГАЯО). Фонд Р-872. Опись 4т. Дело 13. Лист 12. – Текст : непосредственный.

3. Ярославль. Жилой квартал шинного завода. Проект. Конец 1940 – начало 1950-х гг. Генплан, спецификация / Государственный научно-исследовательский музей архитектуры имени А. В. Щусева. – Текст : электронный // Госкаталог. РФ. – URL: https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=33795957.

4. Боберко, В. Проектирование жилых кварталов в новых городах / В. Боберко. – Текст : непосредственный // Архитектура СССР. – 1940 . – № 9. – С. 7–9.

5. Сапрыкина, Н. С. Советская архитектура Ярославля : реальность и виртуальность / Н. С. Сапрыкина. – Ярославль : ЯГТУ, 2006. – 496 с. – Текст : непосредственный.

6. Государственный архив Ярославской области (ГАЯО). Фонд Р-872. Опись 3. Дело 1727. – Текст : непосредственный.

7. Ярославль. Жилой массив четырехквартирных жилых домов на ул. Чайковского. Проект. 1949 г. Генплан / Государственный научно-исследовательский музей архитектуры имени А. В. Щусева. – Текст : электронный // Госкаталог. РФ. – URL: https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=33795952.

**SAPRYKINA Natalya Sergeevna, doctor of architecture, assoc. professor, holder of the chair of urban development**

## SPECIFICS OF THE LOW-RISE HOUSING DEVELOPMENT OF THE 1940S-1950S QUARTERS IN THE CITY OF YAROSLAVL

Academy "MUBiNT" (Yaroslavl)
80, Sovetskaya St., Yaroslavl, 150999, Russia.
Tel.: +7 800 700 1600, ext. 2510; e-mail: saprykinans@edu.mubint.ru
*Key words:* neighbourhood, planning, composition, low-rise development, territory, building, post-war decade, Yaroslavl, specifics.

*Examples and variants of low-rise residential development in Yaroslavl, designed and built in the postwar decade of the twentieth century, are revealed and considered. The planning structure and composition of neighbourhoods depending on the peculiarities of their location in the city, the influence of such factors as the general urban development trends of the time, regional features and the historical environment are analyzed. The specifics of low-rise capital development in Yaroslavl in the considered period are defined.*

REFERENCES

1. Mostakov A. Kvartal v sisteme goroda. Planirovka i arkhitektura kvartala [The block in the city system. Neighbourhood planning and architecture]. Arkhitektura SSSR [Architecture of the USSR]. 1940. № 9. P. 4–6.
2. Gosudarstvenny Arkhiv Yaroslavskoy Oblasti (GAYaO) [State Archive of the Yaroslavl Region (GAYaO)]. F. R-872. O. 4t. D. 13. L. 12.
3. Yaroslavl. Zhiloy kvartal shinnogo zavoda. Proekt. Konets 1940 – nachalo 1950-kh gg. Genplan, spetsifikatsiya [Yaroslavl. Residential quarter of the tire factory. Project. Late 1940 - early 1950s General Plan, Specification]. Gos. nauchno-issled. muzey arkhitektury imeni A.V.Shchuseva. Goskatalog. RF. – URL: https:// goskatalog.ru/ portal/#/collections?id=33795957.
4. Boberko V. Proektirovanie zhilykh kvartalov v novykh gorodakh [Design of residential neighborhoods in new towns]. Arkhitektura SSSR [Architecture of the USSR]. 1940. № 9. P. 7–9.
5. Saprykina N. S. Sovetskaya arkhitektura Yaroslavlya: Realnost i virtualnost [Soviet Architecture of Yaroslavl: Reality and Virtuality]. Yaroslavl: YaGTU, 2006, 496 p.
6. Gosudarstvenny Arkhiv Yaroslavskoy Oblasti (GAYaO) [State Archive of the Yaroslavl Region (GAYaO)]. F. R-872. O. 3. D. 1727.
7. Yaroslavl. Zhiloy massiv chetyryokhkvartirnykh zhilykh domov na ul. Chaykovskogo. Proekt. 1949 g. Genplan [Yaroslavl. Housing estate of four-apartment buildings on Tchaykovsky street. Project. 1949. General Plan] GNIMA (Gosudarstvennyj nauchno-issledovatelskij muzej arhitektury imeni A. V. Shuseva. MUAR. MA.) [GNIMA named after A.V. Schusev]. Gos. nauchno-issled. muzey arkhitektury imeni A.V.Shchuseva. Goskatalog. RF. – URL: https://goskatalog.ru/portal/#/collections?id=33795952.

**© Н. С. Сапрыкина, 2024**
Получено: 25.12.2024 г.

**УДК 72.03(470.341)**

**А. В. ЛИСИЦЫНА, д-р архитектуры, доц., проф. кафедры архитектурного проектирования**

# ОБЩЕСТВЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО «НИЖНИЙ БАЗАР» В ГОРОДЦЕ (СЕРИЯ ПРОЕКТОВ СТУДЕНТОВ ННГАСУ)

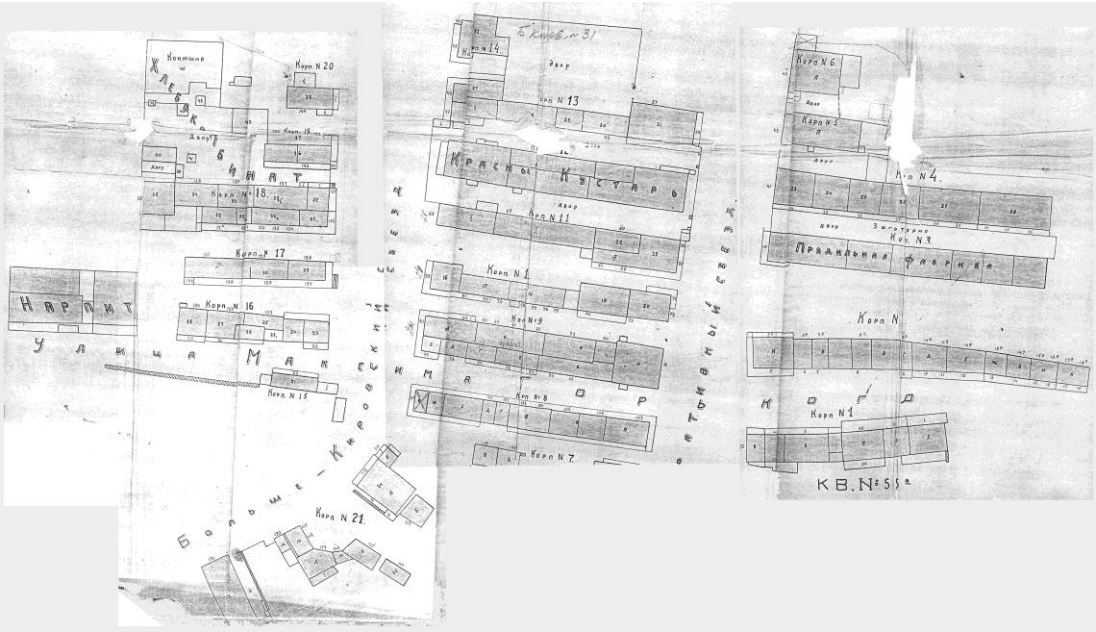
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: av_lisitcyna@mail.ru
*Ключевые слова:* архитектурное и градостроительное наследие, сохранение и реновация исторически сложившейся застройки, общественное пространство, Городец.

*Представлена серия из четырех выпускных квалификационных работ студентов ННГАСУ по направлению подготовки «Архитектура», выполненных под руководством автора статьи в 2019–2022 гг. Все проектные предложения объединяет актуальная тема сохранения и реновации исторически сложившейся планировки и застройки Нижнего базара в Городце в целях формирования на этой территории полноценного общественного пространства. Анализируется историческое развитие района Нижнего базара, его градостроительные, архитектурно-морфологические и архитектурно-стилевые особенности, современное состояние. Подчеркивается высокий историко-культурный потенциал территории, раскрытие которого стало главной целью разработки представленных архитектурных проектов.*

В историческом центре Городца, одного из главных туристских мест Нижегородской области, наряду с церковными ансамблями, каменными усадьбами, деревянными жилыми домами, существует примечательный комплекс торгово-складского назначения – Нижний базар. В конце XIX – начале XX вв. он играл важную градоформирующую, социальную и культурную роль в жизни Городца. Именно здесь было средоточие деловой активности, связанной с поволжской торговлей хлебными товарами и предметами крестьянского быта.

Нижний базар сложился вблизи волжских пристаней, под Троицкой, Орловской и Кириловой горами – прибрежными мысами верхней пойменной террасы, отделенными друг от друга оврагами. Торг, существовавший здесь уже в XVII в., занимал сравнительно ровный по рельефу участок, примыкающий к берегу Волги. Вытянутые с юга на север корпуса лавок размещались параллельными рядами. Деревянная застройка базара неоднократно выгорала. После очередного опустошительного пожара 8 августа 1882 г. сельское общество Городца приняло решение выстроить здесь восемнадцать каменных лавочных корпусов длиной в 35–40 сажен (75–85 м) каждый. Строительство осуществлялось, вероятно, в 1880-х – 1890-х гг. Прежняя структура торговых рядов была сохранена: новые корпуса поставлены параллельно друг другу, на расстоянии всего 3-5 сажен (6,5–10,7 м). Главная продольная ось Нижнего базара, совпадающая с прямой трассой улицы Большой (ныне ул. Максима Горького), соответствовала самому восточному из рядов, вплотную прижатому к откосу. Улицу и всю торговую зону пересекали два съезда, ведущие из нагорной части к берегу Волги, – Большой Троицкий (ныне Большой Кировский) и Мальцевский

(ныне Кооперативный). Именно их расположением и определялась длина торгово-складских корпусов (рисунок). Базар охватывал и нижнюю часть Большого Троицкого съезда, где каменные торговые здания и подпорные стенки конца XIX в. формировали целостный архитектурный комплекс, живописно и изобретательно расположенный на сложном рельефе.




Схематический план каменных корпусов Нижнего базара, середина XX в.

Протяженные одно-, двухэтажные кирпичные торгово-складские корпуса Нижнего базара состояли из отдельных лавок, сблокированных поперечными стенами; продольные фасады дополняли деревянные крытые галереи. Архитектурный облик этих зданий в формах провинциальной эклектики был сдержанным и лаконичным. Принадлежавшие разным владельцам лавки в составе корпусов, как правило, имели различную высоту и длину уличного фронта. Визуальное единство зданиям придавали крупные проемы ворот с коваными створами по первому этажу и равномерные ряды небольших окон по второму этажу. Горизонтальные линии карнизов и межэтажных поясов уравновешивались вертикалями членящих фасады лопаток. Единообразные архитектурные решения сообщали корпусам цельность и придавали им представительный деловой облик, а разнообразие в деталях позволяло избежать монотонности [1, с. 109, 123–126].

В советское время застройка Нижнего базара претерпела значительные изменения. В 1920-х гг. сюда были внедрены производственные функции: прежние торговые корпуса заняты хлебокомбинатом, прядильной фабрикой, артелью «Красный кустарь», что повлекло за собой их перестройку. Позднее, при расширении перекрестков улицы Максима Горького со съездами торцевые фрагменты двух корпусов были разобраны, многие другие существенно перестроены. Однако комплекс еще сохранял целостный облик, известный по фотографиям Н. В. Швецова 1960-х гг.

В настоящее время торговое назначение территории, составлявшее ее специфику (отчасти и в советский период), утрачено. Исторические торгово-

складские корпуса перестали функционировать, опустели и, как следствие, начали активно разрушаться. Большинство из них находится в состоянии, близком к аварийному. Этот процесс неразрывно связан с деградацией всей приречной части Городца, которая практически исключена из его современной жизни [2, с. 23–24]. Таким образом, в самом центре города, в прямой видимости от верхней набережной, сквера имени А. В. Ворожейкина, вблизи Музейного квартала образовалась маргинальная, полузаброшенная территория с руинированными постройками.

Между тем комплекс застройки Нижнего базара – это единственное в своем роде, уникальное и неповторимое достояние Городца. Историко-культурная ценность территории включает различные составляющие:

– историческая ценность (свидетельство важного исторического этапа развития города, предпринимательской активности его торгово-промышленной элиты – купцов и зажиточных крестьян);

– градостроительная ценность (целостный, территориально локализованный, органически связанный с рельефом местности комплекс застройки с линейной структурой, обладающий свойствами градостроительного ансамбля);

– архитектурно-эстетическая ценность (художественно выразительные здания торгово-складского назначения, представительно отражающие период эклектики середины XIX – начала XX вв. в архитектуре города);

– средовая ценность (подлинная, аутентичная историко-архитектурная среда, запечатлевшая историческую память и дух места).

Все обозначенные аспекты ценности определяют высокий историко-культурный потенциал территории бывшего Нижнего базара. В контексте дальнейшего развития Городца как туристского центра необходима его реновация (обновление), ревитализация (оживление), ревалоризация (переоценка ценности). Наиболее вероятным путем для решения этих задач представляется формирование общественного пространства – нового места притяжения как для самих жителей города, так и для его гостей.

Чаще всего общественными пространствами называют «объекты и системы, предназначенные для общественной жизни, торговли, административной, деловой и культурно-просветительской деятельности. Общей чертой всех этих объектов и систем является создание условий для различных форм общения» [3, с. 17]. С другой стороны, современное общественное пространство – это «определенная городская территория, сложившаяся благодаря историческим, культурным, социальным и прочим признакам, созданная для общественного пользования» [4, с. 175]. Архитектурное проектирование современных общественных пространств – тема многолетних исследований заведующей кафедрой архитектурного проектирования ННГАСУ, доктора архитектуры, академика А. Л. Гельфонд. В ее работах общественное пространство определяется как пространство общения и социальной активности [5, с. 2]. В малом городе особенности общественной жизни наиболее полно воплощает торговая улица. Именно здесь «человек соприкасается с социумом, а индивид раскрывается как личность в процессе социализации» [6, с. 121].

В 2019–2022 гг. на кафедре архитектурного проектирования под руководством автора статьи выполнена серия учебных проектов по реновации

территории Нижнего базара в целях ее превращения в полноценное общественное пространство с актуальными для Городца функциями.

Исторически сложившийся комплекс застройки Нижнего базара делится улицами на четыре участка, которые условно определены как северный, западный, южный и восточный. Для северного, западного и южного участков, размещенных на нижней пойменной террасе с относительно спокойным рельефом, в рамках выпускной квалификационной работы (ВКР) бакалавра архитектуры были выполнены проектные предложения. Для западного участка – культурно-образовательный комплекс (автор – Нестеренко Д. И., 2019) (рис. 1 цв. вклейки). Для северного участка – информационно-деловой комплекс (автор – Демина А. А., 2020) (рис. 2 цв. вклейки). Для южного участка – гостиничный комплекс (автор – Шешурина Д. П., 2021) (рис. 3 цв. вклейки). Для наименьшего по площади восточного участка, размещенного на склоне Орловской горы, в рамках ВКР магистра архитектуры разработан проект торгового комплекса; кроме того, в этой итоговой работе все выполненные ранее проекты объединены (автор – Демина А. А., 2022) (рис. 4 цв. вклейки).

Произвести такое, казалось бы, механическое действие – суммирование четырех самостоятельных проектов – позволили два обстоятельства. Первое, объективно существующее – разнохарактерность исторических торгово-складских корпусов Нижнего базара, которые создавались хотя и в русле общего замысла, но в разные годы и разными застройщиками. Второе – общие принципы, ставшие основой всех проектных предложений:

–сохранение общей линейной структуры исторической застройки с организацией внутренних дворов;

–сохранение зданий, представляющих историко-культурную ценность (объектов культурного наследия (ОКН), объектов, обладающих признаками ОКН, ценных и фоновых объектов градостроительной среды);

–удаление поздних диссонирующих объектов, нарушающих целостный облик комплекса;

–сохранение исторически сложившегося масштаба застройки, высоты зданий в два-три этажа, силуэта со скатными крышами;

–соединение отдельно стоящих исторических корпусов новыми объемами, позволяющее обеспечить их удобное использование и соответствие современным строительным нормам и правилам;

–использование композиционных приемов и стилевых особенностей исторических зданий для обеспечения единства архитектурного замысла;

–использование приема художественного контраста при сочетании традиционных и современных материалов и конструкций (лицевой красный кирпич, штукатурка с окраской – большие остекленные поверхности, металлические каркасы).

Выполнение проектов предваряли всесторонние предпроектные исследования, включавшие градостроительный анализ (место территории в структуре города, рельеф, визуальные связи с окружением, существующие транспортные и пешеходные связи, современные функции зданий, их востребованность) и историко-архитектурный анализ (морфологические и стилевые особенности сохранившихся торговых корпусов, их историко-культурная ценность, выявление диссонирующих объектов). Все это позволило

# К СТАТЬЕ А. В. ЛИСИЦЫНОЙ «ОБЩЕСТВЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО «НИЖНИЙ БАЗАР» В ГОРОДЦЕ (СЕРИЯ ПРОЕКТОВ СТУДЕНТОВ ННГАСУ)»

Рис. 1. Реконструкция торговых рядов в Городце под культурно-образовательный центр. ВКР бакалавра (автор Д. И. Нестеренко, 2019)

Рис. 2. Реконструкция торговых рядов в Городце под информационно-деловой центр. ВКР бакалавра (автор А. А. Демина, 2020)

Рис. 3. Реконструкция торговых рядов в Городце под гостиничный комплекс. ВКР бакалавра (автор Д. П. Шешурина, 2021)

Рис. 4. Общественное пространство «Нижний базар» в Городце. ВКР магистра (автор А. А. Демина, 2022)

Рис. 5. Общественное пространство «Нижний базар», вид с северо-запада. Фрагмент ВКР магистра (автор А. А. Демина, 2022)

Рис. 6. Общественное пространство «Нижний базар», вид с юго-востока. Фрагмент ВКР магистра (автор А. А. Демина, 2022)

определить, с одной стороны, возможности и преимущества участков проектирования, а с другой – основные проблемы и угрозы.

В рамках каждого из проектов выполнены:

1) градостроительное решение, предполагающее разработку генерального плана с организацией подъездов и парковок, внутренних дворов;

2) объемно-пространственное решение, включающее предложения по дополнению исторических корпусов современными архитектурными объемами, чтобы связать их друг с другом в целостную композицию;

3) образно-стилевое решение, предполагающее выполнение фасадов и перспектив (видовых точек), отражающих архитектурный образ комплекса, идею гармоничного соединения «старого и нового»;

4) функционально-планировочное решение, предполагающее разработку поэтажных планов с группировкой помещений в отдельные блоки;

5) средовая организация территории, включающая предложения по благоустройству, озеленению, средовому дизайну.

Особенности каждого из участков определили специфику выполненных для них проектов. На восточном участке, размещенном на развитом рельефе, предлагается организовать систему террасированных дворов. На северном участке, отрезанном от реки очистными сооружениями, определяющая роль принадлежит фасаду по ул. Максима Горького. Эта роль подчеркнута устройством главного входа, который раскрывается во двор с оградой и арочными воротами, характерными для Городца. Для западного и южного участков в силу градостроительной ситуации важной задачей становится архитектурное решение обращенного к Волге речного фасада, который в настоящее время не сформирован. Для этого предлагается строительство современных корпусов, которые перекликаются по стилистике с историческими, но при этом не копируют их напрямую.

Во всех проектах ставилась задача максимально сохранить исторически сложившийся облик застройки по ул. Максима Горького, Большому Кировскому и Кооперативному съездам. При этом во внимание принималась исторически сложившаяся структура застройки с вытянутыми вдоль улицы корпусами, которые торцевыми фасадами обращены к съездам.

Результатом длительной комплексной работы студентов и преподавателей ННГАСУ стала общая проектная концепция реновации территории Нижнего базара в целях ее превращения в новое общественное пространство с четырьмя функциональными зонами: торговой, гостиничной, культурно-образовательной, информационно-деловой. При этом в историко-архитектурную среду внедрены новые объемы, согласованные с историческими зданиями по масштабу, силуэту, этажности, колориту, отделочным материалам. Вместе они образуют единый, пространственно сложный и художественно богатый общественный комплекс (рис. 5, 6 цв. вклейки).

Необходимо отметить, что три из четырех рассмотренных проектов экспонировались на Международных смотрах-конкурсах лучших ВКР по архитектуре, градостроительству и дизайну (2019, 2020, 2022 гг.), где были отмечены дипломами и специальными наградами. Таким образом, работы, посвященные реновации территории Нижнего базара в Городце, высоко оценены профессиональным архитектурным сообществом нашей страны.

*Данная статья выполнена в рамках темы по Плану ФНИ РААСН и Минстроя России на 2024 год.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Городецкий район : иллюстрированный каталог памятников истории и культуры / ответственный редактор А. В. Лисицына. – Нижний Новгород : Кварц, 2011. – 504 с. – ISBN 978-5-903581-53-5. – Текст : непосредственный.
2. Гельфонд, А. Л. Торговая улица малого города как общественное пространство (на примере Нижегородской области) / А. Л. Гельфонд, А. В. Лисицына. – Текст : непосредственный // ACADEMIA. Архитектура и строительство. – 2018. – № 1. – С. 17–27.
3. Дизайн архитектурной среды : учебник для вузов / Г. В. Минервин, А. П. Ермолаев, В. Т. Шимко [и др.]. – Москва : Архитектура-С, 2004. – 504 с. – ISBN 5-274-01768-1. – Текст : непосредственный.
4. Ан, Л. А. Роль общественного пространства в муниципальных образованиях / Л. А. Ан. – Текст : непосредственный // Вопросы государственного и муниципального управления. – Москва, 2012. – № 1. – С. 174–184.
5. Гельфонд, А. Л. Архитектурное проектирование общественных пространств : учебное пособие для вузов / А. Л. Гельфонд ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, ННГАСУ, 2013. – 265 с. – ISBN 978-5-87941-891-0. – Текст : непосредственный.
6. Гельфонд, А. Л. Эволюция общественных пространств исторического поселения (на примере Нижнего Новгорода) / А. Л. Гельфонд. – Текст : непосредственный // Вестник ВРО РААСН : сборник научных трудов / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2014. – Выпуск 17. – С. 121–130.

**LISITSYNA Alexandra Vladislavovna, doctor of architecture, professor, department of architecture design**

## PUBLIC SPACE “NIZHNY BAZAR” IN GORODETS (SERIES OF PROJECTS BY NNGASU STUDENTS)

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Il'inskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83; e-mail: av_lisitcyna@mail.ru
*Key words:* architectural and urban heritage, preservation and renovation of historical buildings, public space, Gorodets.

*The article presents a series of four graduate qualification projects of NNGASU students in the training direction “Architecture”. The work was carried out under the guidance of the article author in 2019-2022. All projects are united by the actual topic. It is preservation and renovation of the historical area named Nizhny Bazar in Gorodets, its layout and buildings. It is necessary to create a full-fledged public space in this territory. The historical development of Nizhny Bazar area, its urban planning, architectural-morphological and architectural-style features, and its current state are analyzed. The high historical and cultural potential of the territory is emphasized. Presentment of this potential became the main goal of the presented architectural projects.*

REFERENCES

1. Gorodetskiy rayon: illyustrirovanny katalog pamyatnikov istorii i kultury [Gorodetsky district: an illustrated catalogue of historical and cultural monuments] / otv. red. A.V. Lisitsyna. Nizhny Novgorod, Kvarts, 2011, 504 p. – ISBN 978-5-903581-53-5.
2. Gelfond A. L., Lisitsyna A. V. Torgovaya ulitsa malogo goroda kak obshchestvennoe prostranstvo (na primere Nizhegorodskoy oblasti) [Trading street of a small town as a public space (by the example of Nizhny Novgorod region)]. ACADEMIA. Arkhitektura i stroitelstvo [ACADEMIA. Architecture and construction]. 2018, № 1. P. 17–27.
3. Minervin G. V., Ermolaev A. P., Shimko V. T., et al. Dizayn arkhitekturnoy sredy [Design of architectural environment]. Moscow, Arkhitektura-S, 2004, 504 p. – ISBN 5-274-01768-1.
4. An L. A. Rol obshchestvennogo prostranstva v munitsipalnykh obrazovaniyakh [The role of public space in municipalities]. Voprosy gosudarstvennogo i munitsipalnogo upravleniya [Issues of state and municipal administration]. Moscow, 2012, № 1. P. 174–184.
5. Gelfond A. L. Arkhitekturnoe proektirovanie obshchestvennykh prostranstv [Architectural design of public spaces] : ucheb. posobie dlya VUZov. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2013, 265 p. – ISBN 978-5-87941-891-0.
6. Gelfond A. L. Evolyutsiya obshchestvennykh prostranstv istoricheskogo poseleniya (na primere Nizhnego Novgoroda) [Evolution of historical settlement public spaces (by the example of Nizhny Novgorod)]. Vestnik VRO RAASN [Bulletin of RAACS] : sbornik nauchnykh trudov / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2014, Issue 17. P. 121–130.

**© А.В. Лисицына, 2024**
Получено: 06.12.2024 г.

**УДК 726.591**

**Е. Ю. АГЕЕВА, д-р филос. наук, доц., проф. кафедры архитектуры; Н. А. ГОГОЛЕВА, канд. архитектуры, доц. кафедры дизайна Н. В. СВИРИНА, аспирант**

# ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНТЕРЬЕРНОГО РЕШЕНИЯ И ФРЕСКОВОЙ ЖИВОПИСИ В КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ XVII ВЕКА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57; эл. почта: arch@nngasu.ru

*Ключевые слова:* фресковая иконопись, архитектура православных культовых сооружений XVII века работы иконописцев: Гурия Никитина, Силы Савина, Петра Хлебникова; синтез интерьера храма и росписи внутренних пространств.

*Рассмотрено взаимодействие архитектуры и живописного декора русских храмов второй половины XVII – начала XVIII веков на примерах храмов северного Поволжья (Ярославля, Ростова Великого, Костромы, Углича). В русской культуре сложилась традиция соборности всех искусств в практике храмового творчества: это и само здание церкви, ее интерьер, убранство фресками, мозаикой, иконами или всевозможной культовой утварью.*

Особый интерес представляет для архитектурной и искусствоведческой науки храмовая роспись интерьеров культовых православных сооружений XVII века. Важное значение имеет согласованность решения архитектуры интерьера и живописного убранства православного храма. Но до настоящего времени не получили должной оценки и не подверглись внимательному и серьезному изучению стенописи церквей. В старинных и современных культовых православных сооружениях важное значение имело сочетание решения архитектуры интерьера и живописного убранства храма. Только при всеобъемлющем подходе можно было получить цельный образ, в котором не будет разночтений, диссонанса: неумелого, случайного, хаотичного смешения стилей и колоритов. Не возникнет чувства дисгармонии, когда часть интерьера выглядит чужеродной по окончании росписи. Ведь человек в храме воспринимает его убранство целостно. Во время молитвы он, может быть, и не разглядывает детали, но ощущает и впитывает образ пространства храма во всей полноте.

Под идеальной моделью интерьера православного храма понимается устоявшаяся схема структурной и композиционной организации внутреннего пространства храма, предполагающая постоянство предметного состава и его жесткую связь с планировочным решением интерьера, соблюдение определенных законов иерархической субординации пространства и его предметной среды [1].

В настоящее время вопрос о влиянии интерьера православного храма на ритмическую и композиционную организацию его росписи не является достаточно изученным. Особый интерес представляет для архитектурной и искусствоведческой науки храмовая роспись интерьеров культовых православных сооружений XVII века. Об этом ярко свидетельствует русское храмовое зодчество и храмовый декор XVII – первой половины XVIII столетий. Это время активного

поиска новых художественных форм в монументальной живописи и иконописи. Связано это с историческими переменами, так как XVII столетие стало временем великих потрясений и огромных изменений во всех сферах жизни русского общества. Также повлияло и западноевропейское искусство, образцы которого в тот период активно ввозились на Русь.

Архитектурный облик храмов также эволюционировал, и именно в этот период четко прослеживается единство архитектурного построения интерьера и убранства храма. В XVII веке интерьер храма и росписи внутренних поверхностей храма представляли собой синтез различных видов искусств. Традиция благолепного убранства храма идет еще от ветхозаветных скинии и Иерусалимского храма Соломона, которые по указанию Самого Бога были богато украшены, в том числе изображениями [2].

Широкое строительство храмов во второй половине XVII столетия, возникновение на русской почве таких явлений, как Нарышкинское и Строгановское барокко, способствовали расцвету монументальной живописи и иконописи.

Органичное взаимодействие барочной архитектуры и живописного декора русских храмов второй половины XVII – начала XVIII веков можно наблюдать на примерах храмов северного Поволжья (Ярославля, Ростова Великого, Костромы, Углича). Динамичные и насыщенные архитектурные композиции интерьеров храмов созвучны великолепным развернутым циклам росписей, в которых варьируется множество сюжетов из Священного Писания.

Рассмотрим на этих примерах как применялись в интерьере основные принципы росписи православного храма. Сама система росписи храма сложилась еще в Византии в VIII веке при патриархе Фотии одновременно со сложением чина Литургии. Еще в средневизантийский период сформировались такие принципы построения программ, как:

– иерархический, со смысловым центром в куполе;

– евхаристический, с центром в алтарной апсиде;

– литургический, отражающий в последовательности сюжетов богослужебную и календарную логику;

– исторический, с последовательным расположением ветхо- и новозаветных сюжетов [2].

Эти многообразные сюжеты в интерьерах храмов второй половины XVII столетия разрабатывались мастерами на основе западноевропейских образцов, среди которых следует в первую очередь назвать гравированные Библии. Это были издания типа увражей, состоявшие фактически из одних иллюстраций, снабженных короткими подписями. Важно, что наряду с хорошо известными библейскими сюжетами, иллюстрации этих книг содержали и редкие эпизоды, не имевшие устойчивых иконографий в русском искусстве.

Среди иллюстрированных изданий, к которым обращались русские мастера, важнейшее место принадлежит Библии Пискатора (Класа Янсзоона Висхера), вышедшей в Амстердаме в 1639 году. Кроме гравюр Пискатора, иконографичееским источниками для русских мастеров были Библия Матиаса Мериана, Библия Петера Схюта, Евангелие Иеронима Наталиса.

В культовых православных сооружениях XVII столетия четко прослеживается взаимосвязь украшения настенными росписями определенных частей храма. Невозможно изучить связь внутреннего пространства храма с

фресками монументальной живописи, не изучив геометрические закономерности построения архитектурных форм. Архитектурные формы оказывают влияние на композиционно-масштабные связи архитектуры и росписи [3].

В средней части храма система росписи обычно образует три зоны: первая – зона куполов и сводов верхнего уровня, в том числе конха апсиды; вторая – зона парусов и верхних частей стен; третья – зона нижних частей стен. В верхней зоне находятся изображения наиболее важных в Православии лиц (Иисуса Христа, Богоматери, ангелов) и тех сцен, в которых Небо было либо местом действия, либо источником или целью изображаемого события. Но в русских храмах, построенных в барочном стиле, часто фресковая живопись выполнена в пять-шесть ярусов и практически покрывает все поверхности стен и потолков единым композиционным полотном. И этот прием сглаживает переходы из одной части храма в другую, создает удивительно мощное по силе эмоционального воздействия единое пространство.

Например, росписи стен в храме Ильи Пророка в г. Ярославле, созданные артелью Гурия Никитина и Силы Савина в 1670-е–1680-е годы. Фресковая роспись центрального зала выполнена в шесть ярусов. По нижнему (первому ярусу) идет сказочно красивый орнамент. Второй ярус посвящен жизнеописанию Пророка Елисея, являющегося учеником Ильи Пророка. Здесь присутствуют сцены жатвы и воскресения умершего младенца. В сценах третьего яруса запечатлены известные фрагменты жития Ильи, его чудеса врачевания и контакты с народом. Четвертый ярус посвящен житию Апостолов, а пятый и шестой – сюжетам Евангелия [4]. Таким образом, шестичастная роспись стен подчеркивает вертикальность интерьера, его устремленность вверх (рис. 1).

Рис. 1. Шестичастная система росписи стен в храме Ильи Пророка в Ярославле

Живописный декор создает композиционное единство и общность стиля. Роспись покрывает интерьер Ильинской церкви сплошным ковром, состоящим из 970 сюжетных клейм, а есть еще и орнаменты, которые украшают низ стен, основания столпов, подоконники, порталы и каменные скамьи (рис. 2). Большая часть композиций была создана непосредственно под руководством знаменитого знаменщика Гурия Никитина [5]. Все росписи составляют с интерьером храма единый художественный организм поразительной образной насыщенности.

Также они свидетельствуют о знакомстве русских мастеров с западноевропейскими гравюрами.

Рис. 2. Центральная часть храма Ильи Пророка в Ярославле

Изображение сказочных дворцов, раскидистых деревьев, трав и цветов, персонажей в роскошных одеяниях превращает фрески в увлекательные сказочные картины с множеством подробностей (рис. 3). Черты этого специфического художественного стиля сохранялись и в XVIII столетии [6]. Ритмика внутренних росписей гармонично сочетается с формами интерьера самого строения.

Церковь Ильи Пророка принадлежит к традиционному соборному типу храма. Это кубический четырехстолпный крестовокупольный храм на подклете, с тремя алтарными апсидами с восточной стороны и колокольней [7]. Входы в приделы на галереи богато украшены росписью. Сложная архитектурная композиция интерьера поддержана настенной живописью. Этот сложнейший живописный ансамбль был рассчитан именно на длительное и праздное пребывание зрителей. Поражает продуманный расчет в размещении сцен и отдельных изображений, связь их с архитектурными членениями паперти и учет функциональной роли.

Выбор и размещение сюжетов росписи паперти Ильинской церкви определяются ее ролью в общем храмовом ансамбле. Паперть – это преддверие, вход в храм божий, евангельскую церковь. Этому назначению отвечает цикл росписей, посвященных событиям Ветхого завета, из которых наиболее любимы «Сотворение мира», «История Адама и Евы», «Всемирный потоп», «Столпотворение вавилонское» и другие библейские сюжеты. (Подобные темы давали широкий простор художественной фантазии мастеров). Второй цикл росписей должен был напоминать молящимся при выходе из церкви об ожидающем их «конце света» (темы Апокалипсиса) и «Страшном суде». И, наконец, паперть служила местом покаяния для согрешивших, которые не допускались в храм; здесь же проходили чисто мирские, деловые встречи. Это вызвало к жизни цикл фресок нравоучительного характера [6]. Имеющая мировое значение роспись Ильинской церкви построена на замечательном архитектоническом и ритмическом согласовании с реальными формами ее интерьера.

Рис. 3. Притвор и паперть (закрытое крыльцо) церкви Ильи Пророка в Ярославле

Влияние западноевропейских образцов на композиции и колористическое решение храмовых росписей хорошо прослеживается на примере храмов Углича. Интересный комплекс росписей находится в церкви Димитрия на Крови. Храм был возведен на месте убийства царевича в 1681–1692 годах. Его облику присуща характерная для конца XVII века нарядность. Белые полуколонны, наличники и карнизы эффектно выделяются на фоне красных стен.

Комплекс росписей церкви относится к XVIII веку. Сцены, изображающие гибель царевича Димитрия и поимку его убийц, выполнены мастерами московской артели Сапожникова в 1772 году (рис. 4). Стиль этих росписей с характерным для них ярким колоритом, пластической выразительностью, эмоциональностью образов приближает их к работам поволжских художников XVII века. Всю западную стену центрального куба занимает большая, свободно скомпонованная картина под названием «Убиение святого благоверного князя царевича Димитрия Угличского».

Рис. 4. Западная стена церкви Димитрия на Крови в Угличе

Особый интерес представляют росписи трапезной церкви, исполненные в 1788 году мастером Петром Хлебниковым. В трапезной создается особое пространство, которое погружает зрителя в созерцание и настраивает на размышления, так как росписи плавно переходят от одного сюжета к другому, раскрывая картину библейского повествования (рис. 5).

Рис. 5. Трапезная и арка в среднюю часть церкви Димитрия на Крови

Художник обращается к темам сотворения мира, грехопадения и изгнания из рая Адама и Евы. Очевидно, он был знаком с основами реалистического

рисунка и живописи, о чем свидетельствуют мотивы обнаженной натуры в сценах Сотворения Адама и Евы, Грехопадения и Изгнания из рая. В основе иконографии этих образов может быть компиляция нескольких источников, которые были упомянуты выше, но как наиболее вероятные, следует выделить иллюстрированные Библии Пискатора, Иоганна Кристофа Вайгеля и Евангелие Иеронима Наталиса. Важно заметить, что при наличии у мастера некоторой профессиональной выучки этим росписям все же присущи некоторые черты непосредственности и наивности народного искусства. И в то же время композиции Петра Хлебникова по масштабности, образности, колориту и моделировки фигур, одежд органично соответствуют членения и размер интерьерного пространства храма.

В верхнем ярусе северной и южной стены – апостолы в рост, сгруппированные по трое в простенках между окнами (рис. 6). На откосах окон фигуры ветхозаветных праотцов со свитками. В арках верхних окон изображения символов Иисуса Христа. В среднем ярусе на северной стене, также и в нижнем иллюстрированы 12 членов Символа веры.

Рис. 6. Верхний ярус северной стены церкви Димитрия на Крови в Угличе

Плавная величественность движений знаменитых образцов заменена здесь театральной экспрессией, характерной для стиля барокко, цветовая гамма приглушена.

Как и в большинстве храмов XVII столетия, в церкви Димитрия на Крови все фигуры росписей пропорциональны размерам стен и простенков. Удивительная соразмерность образов, их колористическое решение создают то самое единство внутреннего архитектурного пространства, завораживающего зрителя. Именно в этом особенность тесной взаимосвязи интерьерного решения и живописного декора в культовых сооружениях XVII века. Мы наблюдаем такое же явление в церквях Одигитрии и Спаса Нерукотворного в Ростове Великом,

Троицкого собора Ипатьевского монастыря в Костроме, Троицкого собора Данилова монастыря в Переславле Залесском и др. [8, 9].

Выдающийся памятник искусства XVII века – церковь Воскресения на Дебре в г. Костроме – давно привлекает внимание исследователей своей историей и архитектурой, но ее стенописям уделено намного меньше внимания [10]. Большая часть уникальных композиций была исполнена в середине XVII века очевидно артелью во главе с Гурием Никитиным и Силой Савиным. Отдельные сюжеты и композиции размещены в церкви не случайно, а в строгой смысловой и логической последовательности канонов, а также в полной согласованности с назначением храмовых помещений и сомасштабности с их пропорциями.

В целом иконографические сюжеты распределяются в храме в зависимости от смысла и значения каждой его части и ее роли в богослужении. Что же касается системы росписей каждого конкретного храма, то она всегда индивидуальна, ибо при наличии общей схемы обычно возникают творческие решения, не нарушающие единого строя композиции интерьера. Принципы построения фресковой живописи отражаются в организации колорита фресок, пропорциональном строе фигур композиций, в моделировке фигур и трактовке света во фресковом ансамбле. Только с учетом всех принципов построения фресковой живописи можно понять и оценить истинный смысл образов древнерусского искусства [3].

Современная практика росписи живописного убранства храма также следует традиционным принципам размещения сюжетов и отдельных фигур святых в интерьере храма, на стенах и сводах, в зависимости от их размеров и объемно-планировочной структуры. В целом для ясного понимания сущности изографического убранства церкви и плодотворного анализа его взаимодействия с архитектурой необходим глубокий и всесторонний подход к изучению этого вопроса, основой для которого должна служить Богословская теория храма и фрескового образа в нем [3].

В большинстве культовых православных зданий XVII столетия прослеживается тесная взаимосвязь интерьерного решения храма и его живописного убранства. Но до настоящего времени не получили должной оценки и не подверглись внимательному и серьезному изучению стенописи церквей и анализ взаимодействия с храмовым интерьером. А именно в этом главная заслуга мастеров фресковой храмовой живописи XVII века: в умении почувствовать объем храма, все его архитектурные интерьерные членения и вписаться масштабами образов, сюжетов, ритмически согласованием, цветовым подходом в создание единого архитектонического пространства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильмуратова, И. Л. Принципы формообразования интерьера православного храма : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Ильмуратова Инна Леонидовна. Екатеринбург. – Екатеринбург, 2000. – 180 с. – Текст : непосредственный.

2. Кесслер, М. Ю. Живописное убранство храмов / М. Ю. Кесслер // Благоукраситель. – 2009. – № 20. – URL: http://kesler.ortox.ru/2012/10/25/zhivopisnoe-ubranstvo-pravoslavnogo-xrama/ (дата обращения: 25.12.2023). – Текст : электронный.

3. Кузнецов, Н. Г. Влияние внутренних пространств древнерусского храма на композиционно-ритмическую и колористическую организацию росписей: на примере

псковских и новгородских храмов XII века : специальность 17.00.09 : диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения / Кузнецов Николай Григорьевич. – Санкт-Петербург, 2006. – 251 с. – Текст : непосредственный.

4. Брюсова, В. Г. Фрески Ярославля XVII – нач. XVIII вв. / В. Г. Брюсова. – Москва : Искусство, 1983. – 147 с. : ил. – Текст : непосредственный.

5. Брюсова, В. Г. Гурий Никитин / В. Г. Брюсова. – Москва : Изобразительное искусство, 1982. – 269, [2] с. : ил. – Текст : непосредственный.

6. Брюсова, В. Г. Русская живопись XVII века / В. Г. Брюсова. – Москва : Искусство, 1984. – 338 с. : ил. – Текст : непосредственный.

7. Бусева-Давыдова И. Л. Церковь Ильи Пророка в Ярославле / И. Л. Бусева-Давыдова, Т. А. Рутман. – Москва : Северный паломник, 2002. – 104 с. : ил. – (Памятники художественной культуры). – ISBN 5-94431-034-0. – Текст : непосредственный.

8. Бусева-Давыдова, И. Л. Каменное зодчество Древней Руси / Бусева-Давыдова Ирина Леонидовна. – Москва : Детская литература, 1989. – 144 с. : ил. – ISBN 5-08-001268-4. – Текст : непосредственный.

9. Гуляницкий, Н. Ф. О малоизученных вопросах теории храмостроительства на Руси / Н. Ф. Гуляницкий. – Текст : непосредственный // Архитектурное наследство. – 1996. – № 40. – С. 43–51.

10. Кильдышев, А. В. Фрески церкви Воскресения на Дебре: «История мироздания» и «Апокалипсис» в росписях галерей церкви Воскресения на Дебре в Костроме (1650-1652) / А. В. Кильдышев. – Кострома : ЭКСМИ, 1996. – 119 с. – Текст : непосредственный.

**AGEEVA Elena Yurevna, doctor of philosophic sciences, associate professor, professor of the chair of architecture; GOGOLEVA Natalya Arkadevna, candidate of architecture, associate professor of the chair of design; SVIRINA Natalya Vladimirovna, post graduate student**

## THE RELATIONSHIP BETWEEN INTERIOR DESIGN AND FRESCO PAINTING IN RELIGIOUS BUILDINGS OF THE XVII CENTURY

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: ag_eu@bk.ru
*Key words:* fresco iconography, architecture of Orthodox religious buildings of the XVII century, works of icon painters: Gury Nikitin, Sila Savin, Pyotr Khlebnikov; synthesis of the interior of the temple and paintings of internal spaces.

---

*The interaction of architecture and picturesque decoration of Russian churches of the second half of the XVII – early XVIII centuries is considered on the examples of churches of the northern Volga region (Yaroslavl, Rostov the Great, Kostroma, Uglich). It is in Russian culture, there is a tradition of conciliarity of all arts in the practice of temple art: this includes the church building itself, its interior, decoration with frescoes, mosaics, icons or all kinds of religious utensils.*

---

REFERENCES

1. Ilmuratova I. L. Printsipy formoobrazovaniya interera pravoslavnogo khrama [The principles of shaping the interior of the Orthodox church] : spetsialnost 18.00.01 : diss. na soiskanie stepeni kandidata arkhitektury. Ekaterinburg, 2000. – 180 p.

2. Kessler M. Yu. Zhivopisnoe ubranstvo khramov [Picturesque decoration of temples].

Blagoukrasitel. 2009. № 20. URL: http://kesler.ortox.ru/2012/10/25/zhivopisnoe-ubranstvo-pravoslavnogo-xrama/ (data obrashcheniya 25.12.2023).

3. Kuznetsov N. G. Vliyanie vnutrennikh prostranstv drevnerusskogo khrama na kompozitsionno-ritmicheskuyu i koloristicheskuyu organizatsiyu rospisey: na primere pskovskikh i novgorodskikh khramov XII veka [The influence of the inner spaces of the ancient Russian church on the compositional, rhythmic and coloristic organization of paintings: on the example of the Pskov and Novgorod churches of the XII century] : spetsialnost 17.00.09 : diss. na soiskanie stepeni kandidata iskusstvovedeniya. Saint-Petersburg. 2006. – 251 p.

4. Bryusova V. G. Freski Yaroslavlya XVII – nach. XVIII vv. [Frescoes of Yaroslavl XVII – early XVIII centuries]. Moscow : Iskusstvo,1983. 147 p., il.

5. Bryusova V. G. Guriy Nikitin [Gury Nikitin]. – Moscow : Izobrazitelnoe iskusstvo, 1982. – 269, [2] p. : il.

6. Bryusova V. G. Russkaya zhivopis XVII veka [Russian painting of the XVII century]. – Moscow :Iskusstvo, 1984. – 338 p. : il.

7. Buseva-Davydova I. L., Rutman T. A. Tserkov Ili Proroka v Yaroslavle [Church of Elya the Prophet in Yaroslavl]. – Moscow : Severny palomnik, 2002. – 104 p. : il. – (Pamyatniki khudozhestvennoy kultury). – ISBN 5-94431-034-0.

8. Buseva-Davydova I. L. Kamennoe zodchestvo Drevney Rusi [Stone architecture of Ancient Russia]. Moscow : Detskaya literatura, 1989. – 144 p. : il. – ISBN 5-08-001268-4.

9. Gulyanitskiy N. F. O maloizuchennykh voprosakh teorii khramostroitelstva na Rusi [About little-studied issues of the theory of temple building in Russia] // Arkhitekturnoe nasledstvo [Architectural Heritage]. 1996, № 40. P. 43–51.

10. Kildyshev A. V. Freski cerkvi Voskresenija na Debre: «Istorija mirozdanija» i “Apokalipsis” v rospisjah galerej cerkvi Voskresenija na Debre v Kostrome (1650–1652) [Frescoes of the Church of the Resurrection on Debra: "History of the Universe" and "Apocalypse" in the paintings of the galleries of the Church of the Resurrection on Debra in Kostroma (1650-1652)]. Kostroma: EKSMI, 1996. 119 p.

**© Е. Ю. Агеева, Н. А. Гоголева, Н. В. Свирина, 2024**
Получено: 15.01.2024 г.

**УДК 72.035:728(470.341)**

**Е. Е. ГРАЧЕВА, канд. архитектуры, ст. науч. сотр. научно-исследовательской лаборатории «Экология культуры» Института филологии и журналистики**

# АРХИТЕКТУРА ДЕРЕВЯННЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ НИЖНЕГО НОВГОРОДА XIX – НАЧАЛА XX ВВ.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»
Россия, 603022, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д. 23. Тел.: (831) 433-38-61; эл. почта: gracheva.ee@yandex.ru
*Ключевые слова:* деревянная жилая застройка, этапы формирования, архитектура деревянных жилых домов.

*Цели статьи определяются проблематикой исследования и сохранения регионального своеобразия культурного ландшафта Н. Новгорода, значительный пласт которого связан с формированием в XIX – начале XX вв. уникального феномена деревянной городской застройки. Выявляются этапы формирования нижегородской деревянной архитектуры. Рассматривается синтез стилей и региональных традиций, определивший декоративное разнообразие и оригинальную самобытность деревянной архитектуры Н. Новгорода.*

Традиция деревянного строительства неотъемлема для истории русской архитектуры. Живописные улицы, застроенные деревянными жилыми домами с ажурной резьбой, – таким представляется образ большинства провинциальных городов России до начала XX в. Городская деревянная застройка в научной литературе по праву названа уникальным, не имеющим аналогов в мировой культуре феноменом и самой яркой особенностью русского исторического города [1].

Развитие деревянной архитектуры Н. Новгорода, расцвет которой пришелся на XIX – начало XX вв., обусловило влияние многих факторов и характерных черт времени: государственных указов в отношении облика городов, господствовавших в этот период архитектурно-художественных тенденций, фактора изменения сословной структуры и привнесения в облик городской застройки особых региональных традиций народной культуры. Формирование разнообразной и разнохарактерной нижегородской деревянной архитектуры можно разделить на ряд этапов.

К XVIII – XIX вв. в российском градостроительстве произошел переход от стихийной древнерусской застройки к генеральному планированию и регулированию строительства. Особенностью застройки городов являлось зонирование по характеру строительного материала и разграничение по социальному признаку, выраженное в композиционном выделении привилегированного центра, заселенного дворянством и купечеством. Для крупных городов, в том числе Н. Новгорода, была характерна общая черта – в центре располагался ансамбль каменных зданий, который окружала преимущественно деревянная застройка; вблизи городских окраин она становилась массовой.

В первой половине XIX в. городское строительство осуществлялось на основе регулярных принципов классицизма. Архитектуру застройки определяли правила образцового проектирования: дома возводились на основе проектов, которые разрабатывались столичными архитекторами и публиковались в специальных альбомах как образцы для строительства во всех городах страны. «Образцовые» фасады в трактовке местных архитекторов в целом следовали строгим классическим формам с элементами и деталями архитектурного ордера. В этот период вклад в проектирование деревянных и каменно-деревянных зданий внесли нижегородские архитекторы И. Е. Ефимов, Г. И. Кизеветтер, А. Е. Турмышев, М. К. Ястребов.

Значительное влияние на нижегородскую архитектуру возымел указ 1836 г. с предписанием застраивать главные площади, набережные и улицы исключительно каменными домами. Многие дома, будучи выстроенными из дерева, штукатурились и «маскировались» под каменные особняки классицизма. Такие здания и сейчас можно встретить на центральных исторических улицах: Б. Печерской, Ильинской и др. Дом декабристов Белавиных на улице Б. Покровской, 40 – одно из старейших деревянных оштукатуренных зданий, построенных на основе «образцовых» проектов в 1820-е гг. Первоначально он имел балкон в уровне мезонина, который поддерживали колонны (впоследствии балкон был утрачен, а колонны заменены на простые пилястры). Примечательная деталь фасада – лепной декор в виде тройного перевитого «венка славы», типичный для ампира – стиля, пришедшего в архитектуру после победы русской армии в Отечественной войне 1812 г. (рис. 1, 2 цв. вклейки).

Постройки классицизма узнаваемы по характерным деталям фасадов: большим полуциркульным и «венецианским» (тройным) окнам, портикам, пилястрам, рустовке. Число световых осей, на которых располагались оконные проемы по главному фасаду, должно было быть строго нечетным: три, пять, семь и т. д. (например, каменно-деревянный дом С. Я. Никлауса на ул. Минина, 25, выстроенный в 1841–1842 гг. по проекту архитектора Г. И. Кизеветтера в пять световых осей и дополненный по второму этажу тройным «венецианским» окном).

Распространенный тип представляли деревянные дома на каменном цоколе или полуэтаже с треугольным фронтоном, а также дома с мезонинами. Для состоятельных владельцев на центральных улицах возводились дома, имевшие подчеркнуто репрезентативный вид с портиками из колонн или пилястр. Многие из них не сохранились, а те, что сейчас можно встретить на улицах Н. Новгорода, относятся к старейшим деревянным домам города. Одно из таких зданий – дом М. Ф. Щелокова на ул. Варварской, 8, возведенный архитектором И. Е. Ефимовым в 1820-е гг. Редкой особенностью жилого дома является первоначальный классицистический портик с фронтоном. С перестройкой дома во второй половине XIX в. к чертам классицизма на фасадах добавились элементы декора в духе эклектики. При проведении реставрационных работ в 2021 г. был воссоздан первоначальный архитектурно-художественный облик здания первой половины XIX в., гипотетически известный по архивным иконографическим источникам, – с портиком, пилястры которого декорированы ионическими капителями и сложными базами (рис. 3, 4 цв. вклейки).

Развитие торговли и промышленности, приток в города крестьянского сословия послужили стремительному росту городского населения во второй половине XIX в. Происходило «размытие» сложившегося сословного зонирования

на территории города. Строительное законодательство отныне стало работать в пользу интересов частного застройщика: начала смягчаться регламентация всего, что касалось архитектурно-художественного облика застройки, вплоть до отмены в 1858 г. обязательного строительства по образцовым проектам. Застройка уплотнялась, увеличивалась в габаритах. Дома ставились не торцом, уходя в глубину усадьбы, а «городским» способом вдоль улиц с расположением входа со стороны главного фасада. Усложнялся, становясь более «парадным», их внешний облик. Распространялось строительство доходных домов с отдельными квартирами.

В этот период классицизм утрачивал свои позиции: начиналась эпоха эклектики, использовавшей в одном сооружении различные формы искусства прошлого в любых сочетаниях. В деревянной архитектуре возникло особое явление, обусловленное влиянием двух разных типов культур: культура образованных классов, выраженная в профессиональной архитектуре, сталкивалась с народной ремесленной культурой.

С одной стороны, развитие городской деревянной архитектуры продолжало идти по пути подражания каменным зданиям, воплощавшим в себе художественные закономерности архитектурных стилей. Образцовые фасады во второй половине XIX в. уступили место авторским проектам. В профессиональном проектировании деревянных и каменно-деревянных жилых зданий участвовали нижегородские архитекторы: Н. Д. Григорьев, Р. Я. Килевейн, И. К. Кострюков, В. М. Лемке, Н. А. Плотников, Н. И. Ужумедский-Грицевич, Н. А. Фрелих.

С другой стороны, именно в этот период развития интереса к народной культуре и быту в городскую архитектуру начали интенсивно проникать приемы крестьянского зодчества. Традиции кустарных промыслов – вышивки по ткани, кружевоплетения, бондарного и плотницкого дела и особенно резьбы по дереву – влияли на ее образно-символическое и художественное своеобразие. Из народной архитектуры Поволжья в городскую застройку пришли традиционные мотивы декора: солярные знаки, мотив бегунка, растительные орнаменты в виде ветвей и цветов, виноградных гроздей, шишек, плодов хмеля, листьев папоротника. Исключительную роль в этом влиянии сыграла знаменитая Нижегородская ярмарка, становившаяся в летнее время центром притяжения огромных масс населения из окрестных сел и городов соседних губерний. Другим важным фактором, способствовавшим сохранению традиционной строительной культуры, стало наличие в нижегородском крае устойчивых традиций старообрядчества. Многие домовладельцы из купеческой старообрядческой среды предпочитали возводить в качестве жилья рубленые деревянные дома с использованием традиционных технологий, даже если внешне «маскировали» их под каменную архитектуру (например, деревянный оштукатуренный особняк конца XIX в. с элементами стиля модерн на ул. Ильинской, 46, выстроенный одним из лидеров нижегородских старообрядцев Д. В. Сироткиным).

Мотивы народного зодчества прочно входили в арсенал средств стилевой архитектуры и становились неотъемлемой частью деревянной застройки города. Это можно увидеть на примере дома Климова на ул. Б. Печерской, 35, возведенного в 1870–1871 гг. по проекту нижегородского архитектора Р. Я. Килевейна. Большое влияние на его творчество оказал академик архитектуры Л. В. Даль – знаменитый исследователь народных истоков русского национального искусства. Фасадная плоскость дома, фланкированная двумя треугольными фронтонами, была покрыта декоративной глухой резьбой в традициях народного зодчества Нижегородского

**К СТАТЬЕ Е. Е. ГРАЧЕВОЙ**
**«АРХИТЕКТУРА ДЕРЕВЯННЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ НИЖНЕГО НОВГОРОДА XIX – НАЧАЛА XX ВВ.»**

Рис. 1. Дом декабристов Белавиных (ул. Б. Покровская, 40)

Рис. 2. Дом декабристов Белавиных (ул. Б. Покровская, 40). Мезонин

Рис. 3. Дом М.Ф. Щелокова (ул. Варварская, 8)

Рис. 4. Дом М. Ф. Щелокова (ул. Варварская, 8). Капители пилястр

Рис. 5. Дом Климова (ул. Б. Печерская, 35). Главный фасад

Рис. 6. Дом Климова (ул. Б. Печерская, 35) Декоративное оформление в технике глухой резьбы по дереву

Рис. 7. Дом Лошкаревых
(ул. Ильинская, 49)

Рис. 8. Дом Лошкаревых (ул. Ильинская, 49). Многослойный резной декор

Рис. 9. Дом В. М. Лемке
(ул. Короленко, 11)

Рис. 10. Дом В. М. Лемке
(ул. Короленко, 11). Детали фасада

Рис. 11. Дом В. И. Смирнова
(ул. Дальняя, 15)

Рис. 12. Дом В. И. Смирнова (ул. Дальняя, 15). Элементы оформления фасада

Рис. 13. Дом Е. А. Березина
(ул. Маслякова, 14)

Рис. 14. Дом Е. А. Березина
(ул. Маслякова, 14). Детали фасада

Поволжья, напоминавшей богато украшенные «корабельной резью» волжские суда (рис. 5, 6 цв. вклейки). Другой пример: дом купцов Лошкаревых 1830-х–1840-х гг. на ул. Ильинской, 49. Первоначально он представлял собой классический дом с мезонином, а в 1870-е гг. был перестроен и приобрел выразительный декоративный облик благодаря моделированной и многослойной пропильной резьбе на наличниках, карнизах и подзорах. Впечатляет разнообразие мотивов и сюжетов декора, в котором применены классические ионики, традиционный орнамент «бегунок», резные цветы, кисти и даже символ самодержавия – резное изображение двуглавого орла под коньком крыши (рис. 7, 8 цв. вклейки).

К концу XIX – началу XX вв. Н. Новгород превратился в крупнейший торгово-промышленный центр. Городская территория прирастала крупными массивами деревянной жилой застройки. Интенсивно шел процесс дробления усадеб: строились дополнительные флигеля, дома пристраивались вплотную друг к другу, разделяясь только кирпичными стенами-брандмауэрами. Росло строительство деревянных доходных домов – эти дома, хотя и не выходили за пределы двух этажей, но приобретали новый масштаб, большую протяженность и различные типы планировочной организации с отдельными квартирами (коридорная, секционная планировка). В разнообразном стилевом оформлении фасадов применялись формы академической эклектики, русского стиля, модерна, неоклассицизма на основе проектов нижегородских зодчих: П. Л. Домбровского, К. Карташева, С. А. Левкова, В. М. Лемке, К. Назарова.

К одним из лучших образцов нижегородской академической эклектики можно отнести главный дом усадьбы архитектора В. М. Лемке, спроектировавшего в конце XIX в. собственный дом на углу ул. Короленко и Новой (рис. 9, 10 цв. вклейки). При всей представительности облика и строгости пропорций фасады дома насыщены элементами классической архитектуры, искусно воспроизведенными в дереве. Особенно выразительны детали, выполненные в технике моделированной резьбы: наличники с волютообразными барочными навершиями, фруктовые гирлянды, орнамент в виде классического меандра и листьев аканта.

Одной из ведущих тем в рамках эклектики для нижегородской деревянной архитектуры стало стилизаторство в виде неорусского стиля (в его фольклорном варианте). Здания дополнялись акцентными элементами, придававшими особую выразительность их объемно-пространственной композиции: щипцами, башенками, крыльцами, декорированными резьбой. Пример данного направления – жилой дом В. И. Смирнова на ул. Дальней, 15. Дата его строительства, вероятно, приходится на период после проведения Всероссийской промышленно-художественной выставки 1896 г.; в облике здания отразились черты архитектуры выставочных павильонов, своим обликом напоминавших русские сказочные терема. Дом был выстроен в подражание деревянным постройкам И. Ропета – основоположника популярного во второй половине XIX в. «ропетовского» направления в русском стиле. Элементы здания объединены в многообъемную композицию. Яркие акценты его облику придают крыльцо и балконы на резных столбиках, полувальмовая кровля мансарды, башенный объем с шатровым завершением. Плоскость фасада почти сплошь покрывает, напоминая кружево, многослойная пропильная резьба (рис. 11, 12 цв. вклейки).

Яркая особенность деревянной архитектуры Н. Новгорода связана с расцветом в начале XX в. «деревянного модерна», который практически

отсутствовал в застройке Москвы и С.-Петербурга. Приемы модерна получили воплощение не только в крупных доходных зданиях, являвшихся градостроительными акцентами, но и в облике небольших домов крестьян и разночинцев на неглавных улицах, в дачном строительстве. Для нижегородских домов «деревянного модерна» характерна пластичная композиция с выраженными вертикальными акцентами – башенками, эркерами, сочетающимися с плавными изогнутыми линиями крыш. Редкий сохранившийся образец нижегородской архитектуры модерна – двухэтажный доходный дом Е. А. Березина на улице Маслякова, 14 (рис. 13, 14 цв. вклейки). Особую выразительность его лицевому фасаду придают два криволинейных фронтона над карнизом крыши, которые поддерживают тонкие изогнутые консоли. Художественный облик здания дополняют веранды с ажурным деревянным декором и навес над входом, опирающийся на «веер» наклонных кронштейнов.

Сегодня наследие деревянной городской жилой архитектуры составляет значимый, но неуклонно исчезающий пласт градостроительного развития Н. Новгорода. Его сохранение представляет собой важную задачу как с точки зрения поддержания уникального своеобразия культурного ландшафта, так и в контексте формирования ресурса устойчивого развития региона.

*Выполнено в рамках НИР Н-469-99_2021-2023 "Культурное наследие как часть комфортной окружающей среды" на базе Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации (Программа стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агеева, Е. Ю. Этапы формирования «образцовой» застройки в провинциальных городах России / Е. Ю. Агеева, А. А. Оскирко. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, – 2022. – № 3 (63). – С. 121–128.
2. Традиционное строительство из дерева и плотницкое мастерство / А. Б Бодэ, О. А. Зинина, А. Ю. Косенков, В. А. Попов. – Москва : Институт Наследия, 2019. – 316 с. : ил. – ISBN 978-5-86443-288-4. – Текст : непосредственный.
3. Бубнов, Ю. Н. Архитектура Нижнего Новгорода середины XIX – начала XX века / Ю. Н. Бубнов. – Нижний Новгород : Волго-Вятское книжное издательство, 1991. – 174 с. : ил. – ISBN 5-7420-0258-0. – Текст : непосредственный.
4. Кириченко, Е. И. Деревянная застройка русского города XVIII – начала XX века / Е. И. Кириченко. – Текст : непосредственный // Проблемы исследования и сохранения историко-культурного наследия. – Нижний Новгород, 1998. – С. 6–7.
5. Кириченко, Е. И. Русский стиль : поиски выражения национальной самобытности. Народность и национальность. Традиции древнерусского и народного искусства в русском искусстве XVIII – начала XX века / Е. И. Кириченко ; Российская академия художеств, Научно-исследовательский институт теории и истории изобразительных искусств. – Москва : БуксМАрт, 2020. – 579 с. – ISBN 978-5-907043-52-7. – Текст : непосредственный.
6. Орельская, О. В. Архитектура деревянных жилых домов рубежа XIX – XX вв. в Нижнем Новгороде / О. В. Орельская. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2019. – № 8. – С. 40–45.
7. Орельская, О. В. Модерн / О. В. Орельская. – Нижний Новгород : БегемотНН, 2018. – 175 с. : ил. – (Стили в архитектуре Нижнего Новгорода. Выпуск 2). – ISBN 978-5-9500977-5-1. – Текст : непосредственный.

**GRACHEVA Elena Evgenyevna, candidate of architecture, senior researcher scientific research laboratory "Ecology of Culture"**

## THE ARCHITECTURE OF WOODEN RESIDENTIAL BUILDINGS IN NIZHNY NOVGOROD OF THE XIX – EARLY XX CENTURIES

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod
23, Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603022, Russia. Tel: + 7 (831) 433-38-61; e-mail: gracheva.ee@yandex.ru
*Key words:* wooden residential buildings, stages of formation, architecture of wooden residential buildings.

---

*The objectives of the article are determined by the problems of research and preservation of the regional originality of the cultural landscape of Nizhny Novgorod, a significant layer of which is associated with the formation of a unique phenomenon of wooden urban development in the XIX – early XX centuries. The stages of formation of Nizhny Novgorod wooden architecture are revealed. The synthesis of styles and regional traditions is considered, which determined the decorative diversity and original originality of the wooden architecture of Nizhny Novgorod.*

---

REFERENCES

1. Ageeva E. Yu., Oskirko A. A. Etapy formirovaniya "obraztsovoy" zastroyki v provintsialnykh gorodakh Rossii [Stages of formation of "exemplary" developed territory in the provincial cities of Russia] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022, № 3 (63). P. 121–128.
2. Bode A. B., Zinina O. A, Kosenkov A. Yu, Popov V. A. Traditsionnoe stroitelstvo iz dereva i plotnitskoe masterstvo [Traditional wood construction and carpentry]. Moscow : Institut Naslediya, 2019, 316 p., il. – ISBN 978-5-86443-288-4.
3. Bubnov Yu. N. Arkhitektura Nizhnego Novgoroda serediny XIX – nachala XX veka [Architecture of Nizhny Novgorod in the middle of the XIX – early XX century]. Nizhny Novgorod : Volgo-Vyat. kn. izd-vo, 1991, 174 p., il. – ISBN 5-7420-0258-0.
4. Kirichenko E. I. Derevyannaya zastroyka russkogo goroda XVIII – nachala XX veka [Wooden buildings of the Russian city of the XVIII – early XX century] / Problemy issledovaniya i sokhraneniya istoriko-kulturnogo naslediya [Problems of research and preservation of historical and cultural heritage]. Nizhny Novgorod, 1998. P. 6–7.
5. Kirichenko E. I. Russkiy stil: poiski vyrazheniya natsionalnoy samobytnosti. Narodnost i natsionalnost. Traditsii drevnerusskogo i narodnogo iskusstva v russkom iskusstve XVIII – nachala XX veka [Russian style: the search for the expression of national identity. National character and nationality. Traditions of ancient Russian and folk art in Russian art of the XVIII – early XX century]. Rossiyskaya akademiya khudozhestv, Nauch.-issled. institute teorii i istorii izobrazitelnykh iskusstv. Moscow, BuksMArt, 2020, 579 p. – ISBN 978-5-907043-52-7.
6. Orelskaya O. V. Arkhitektura derevyannykh zhilykh domov rubezha XIX – XX vv. v Nizhnem Novgorode [Architecture of wooden residential buildings at the turn of the XIX – XX centuries in Nizhny Novgorod] / Zhilishchnoe stroitelstvo [Housing Construction]. 2019, № 8. P. 40–45.
7. Orelskaya O. V. Modern [Modern]. Nizhny Novgorod : BegemotNN, 2018, 175 p., il. – (Stili v arkhitekture Nizhnego Novgoroda. Vypusk 2). – ISBN 978-5-9500977-5-1.

**© Е. Е. Грачева, 2024**
Получено: 12.01.2024 г.

**УДК 74.01/.09**

**А. А. ДОЛМАТОВА, канд. пед. наук, доц., зав. кафедрой дизайн проектирования и изобразительных искусств; Н. А. ГОГОЛЕВА, канд. архитектуры, проф. кафедры дизайн проектирования и изобразительных искусств**

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-03-91; эл. почта: design-nngasu@mail.ru
*Ключевые слова:* дизайн, проектно-художественная деятельность, художественный образ, окружающая среда, дизайн проектирование.

*Приводится история развития дизайна и его современное состояние как вид современной художественно-проектной деятельности.*

*Дизайн – это процесс производства вещей,*
*мудрое и творческое решение*
*человеческих проблем*
*Брайен Хорриган*

Свою историю «дизайн» берет от итальянского “*disegno*” – понятие, которым в эпоху Ренессанса обозначали проекты, рисунки, а также лежащие в основе какой-либо работы идеи. Позднее, в XVI в. в Англии появляется понятие “*design*”, которое дошло до наших дней и переводится на русский как «замысел», «чертеж», «узор», а также «проектировать» и «конструировать». В более узком профессиональном понимании дизайн означает проектно-художественную деятельность по разработке промышленных изделий с высокими потребительскими и эстетическими качествами, а также деятельность по организации комфортной для человека предметной среды – жилой, производственной, социально культурной [1].

С первых же шагов становления дизайна как профессии он претендовал на самый широкий спектр объектов проектирования. Крылатым выражением «от софы до среды города» дизайнеры очерчивали круг своей профессиональной деятельности в начале XX столетия, «от иголки до самолета» – заявляли они в 1960-х гг. [2].

Сегодня вообще трудно себе представить какую-либо сферу человеческой деятельности, в которой не трудился бы дизайнер.

Дизайн является одним из видов деятельности, с помощью которой человек соединяет в своем материально-предметном окружении прошлое, настоящее и будущее. Возникнув в профессиональной среде инженеров, архитекторов и художников, дизайн в процессе развития не только превратился в самостоятельный вид проектно-художественной деятельности, но и сам стал активно влиять на художественное и архитектурное формообразование, все более и более расширяя сферы своих профессиональных интересов. Для нас сегодня становятся все более привычными не так давно появившиеся понятия, такие как

ландшафтный дизайн, дизайн одежды, фото и фито-дизайн. Они сменили наши привычные названия садовника, художника-графика, фотохудожника, художника-модельера, мастера-парикмахера. В сфере дизайна появились совершенно новые понятия, не имевшие аналогов в прошлом. Они связаны с новыми областями деятельности, в частности современными и компьютерными технологиями. Число дизайнерских направлений и специальностей продолжает расти.

Дизайн как самостоятельный вид проектно-художественной деятельности имеет свой профессиональный язык – систему научно обоснованных принципов и проектных методов, обеспечивающих весь процесс создания произведения дизайна, начиная от анализа исходной ситуации, графического представления первоначального замысла и кончая рабочими чертежами и действующими моделями – демонстраторами проектируемого объекта.

В массовом сознании людей дизайн кажется всепроникающим и легко доступным занятием, которое не требует особой и тем более длительной подготовки. Многие считают, что занимаются дизайном, когда ремонтируют и обставляют жилые квартиры, офисные и торговые интерьеры, используя готовые полуфабрикаты, разрабатывают себе и на заказ компьютерные веб-страницы, участвуют в подготовке рекламных компаний и в выпуске корпоративной полиграфической продукции. В результате появилась и быстро окрепла особая прослойка организаторов выполнения разнообразных оформительских работ, для которых главным критерием является коммерческий успех работы с заказчиком. Слово «дизайн» стало встречаться так часто, что сделалось почти бессодержательным и связанным прежде всего с внешним видом вещей и окружающей среды. Начало этому было положено в профессиональной сфере дизайна, причем давно, еще в середине прошлого века, когда по всему миру распространились так называемые «дизайнерские» оболочки, представляющие собой глухо закрывающиеся конструкции разнообразного вида: коробчатые, обтекаемые, трапециевидные, уравновешенно-асимметричные. Они казались тогда современными, подчеркнуто функциональными и были, как правило, монохромными, лишь изредка оживленными мастерски наложенными на них графическими и цветовыми акцентами [3].

После наступившего кризиса, вызванного всеобщим однообразием функционализма, им на смену пришли контрастные, открыто игровые формы «постмодерна», увлеченно экспериментировавшего с новыми отделочными материалами. Началось пестрое и бесконечное «переодевание» однотипных в своей основе вещей. Дизайн стали использовать как универсальный способ добиться максимальной вариабельности формальных и цветовых решений типовой продукции.

В начале нового тысячелетия, с насыщением окружающей среды дизайнерской продукцией, заявил права на существование новый, откровенно эклектичный стиль – «фьюжн», название которого было позаимствовано из лексикона рок-музыки, испытавшей на себе мощное влияние электронных средств обработки и синтезирования звука. В стиле «фьюжн» не столько создают, сколько компонуют предметно-пространственное окружение из готовых элементов, где ультрасовременные стилевые новинки легко могут соседствовать с причудливыми образами ретро-дизайна и откровенным китчем.

Базовой категорией массового «поверхностного» дизайна является красота, а главным лозунгом заказчика стало: «Сделай мне красиво!». Причем красота

понимается и трактуется в нем чрезвычайно относительно и подвижно, в зависимости от различия точек зрения на нее. Как известно, красота – не вопрос вкуса, личных пристрастий и антипатий, но, прежде всего, хорошо усвоенная объективно высокая оценка. И здесь, в дизайне, начинается проникновение вглубь вещей и окружающей среды в их содержание. Каждый понимает, что автомобильный дизайн не ограничивается лишь внешним видом, а наоборот, всерьез начинается при разработке конструктивных, технологических, эксплуатационных, маркетинговых и имиджевых качеств новой модели и особенно модельных рядов. С тем же явлением мы встречаемся в проектировании компьютерной техники, стиля в одежде и сопровождающих ее аксессуарах, в профессионально комплексном решении архитектурной среды и особенно в коммуникативном дизайне. Также и в архитектуре недостаточно увидеть только внешний вид здания, чтобы дать ему высокую оценку. При его возведении постоянно возрастает роль конструктивных расчетов, сочетаний внешних объемов и внутренних пространств, использования промышленно производимых элементов и композитных отделочных материалов, а также встроенных элементов освещения, вентиляции, отопления, коммуникационных связей, от которых зависит не только их общее формирование, но и конечный образ. В результате архитектурное проектирование все больше соединяется с пространственно-предметным дизайнерским типом мышления. Многие ведущие архитекторы стали сами много заниматься специфическими проблемами дизайна. Вместе с тем следует отметить постоянное принципиальное различие между творчеством архитекторов и дизайнеров. Архитекторы строят здания, привязанные к вполне определенному месту, включая их в конкретную окружающую среду, а дизайнеры работают с вещами и системами жизнеобеспечения, которые затем оказываются в самых разных контекстах окружающей среды, существуя и функционируя в них автономно.

Первые дизайнеры начала XX века не имели специального образования, но они могли работать исходя из своего уже накопленного опыта художников, архитекторов, инженеров. Они были одиночками, и каждый из них был значительной личностью. Но наступил момент, когда дизайнеров потребовалось много. Для этого нужна была кардинальная реформа творческого образования. Впервые она была проведена в 1920-е годы в Баухауз и ВХУТЕМАС, что позволило начать преподавание основ дизайна как единства искусства и техники [2].

Вторая реформа дизайнерского образования была проведена в 1950–1960-е годы в Ульмской школе дизайна, благодаря которой были выработаны теоретические предпосылки и практические навыки соединения в дизайне художественного мышления и научного операционализма. Это позволило готовить таких дизайнеров, которые могли работать непосредственно в сфере современного производства [2].

И, наконец, третья реформа дизайнерского образования была связана с повсеместным переходом в конце XX века к компьютерному, «цифровому» способу проектирования. С одной стороны, это необычайно упростило дизайнерскую разработку отдельных вещей и особенно систем (не надо самому рисовать, не надо ничего запоминать, можно быстро и эффективно подготовить проект к показу – достаточно научиться пользоваться новыми компьютерными программами и необъятными банками данных), но в то же время и усложнило

творческие задачи. Обращение к готовым программам и банкам данных начало приводить к вторичности, комбинаторике уже известных элементов решений с некоторой стилизацией, необходимой для придания им внешней новизны [4].

Если сравнить дизайнерское проектирование с дорогой, которую нужно пройти от первоначально поставленной задачи до конечного результата, то вступающий на путь компьютерной комбинаторики дизайнер стал все больше подвергаться риску попасть в глубокую колею, пробитую его предшественниками и другими, пусть даже немного его опередившими, дизайнерами-конкурентами. И чем дальше развивается техническое обеспечение проектирования, тем становится сложнее, поэтому все большее значение стал приобретать уровень постановки задачи, включения ее в более широкий контекст инновационного системного экологического дизайна, а сами дизайнеры все заметнее отличаются друг от друга. Одни все больше стали брать на себя роль ведущей креативной личности, укрупняя масштаб проектирования, другие – довольствоваться ролью дизайнеров-исполнителей, находя в этом процессе прелесть спокойной простой и понятной работы.

Сегодня в многочисленных высших и средних учебных заведениях всех стран готовят дизайнеров обоих типов. Для креативных лидеров больше времени и внимания уделяется стратегии проектного мышления, для дизайнеров исполнителей – практическим навыкам проектирования, совместной работе с представителями производства и сферы сбыта. Причем чем ближе в таких учебных заведениях дизайн оказывается к пластическим искусствам и архитектуре, тем больше в преподавании уделяется внимания художественно-творческим проблемам, а чем ближе он к производству, тем больше занимаются инженерными, конструктивным и эргономическими аспектами дизайн-проектов. Именно такая двойственность, (пограничность) дизайна подразумевает во всех современных дизайнерских школах обязательное прохождение для всех общего базового курса пропедевтики, в котором определяются отличительные черты и уровни обобщения проектных задач и способов их решения, присущие только дизайну. В своей основе он восходит к педагогическим принципам Баухауз и ВХУТЕМАС. Для дизайнерского подхода к уже существующему окружению характерно, что в идеале прошлое не уничтожается совсем, а включается в новую систему жизнеобеспечения. Настоящее в нем оказывается связано с прошлым общей типологией объектов и их систем, выработанных в течение длительного времени, но сопровождаемого периодически возникающими революционными взрывами. Будущее в дизайне присутствует в виде постоянно предлагаемых заманчивых футурологических образов и стилевых поисков. Прошлое не бывает преодолено окончательно. За внешним своеобразием предметных форм, когда-то крепко связанных со своей эпохой, а теперь кажущихся лишь художественно-образными, за давно ушедшими в историю прогностическими предвидениями, казавшимися когда-то странными для современников, а потом общепризнанными, открывается общечеловеческое начало и непреходящая ценность.

И, несмотря на то, что дизайн как самостоятельный вид проектно-художественной деятельности обычно рассматривают только с переходом к массовой индустриализации производства в середине XIX века, важно не забывать уроки его давней истории. Именно такой подход значительно расширяет информационные границы и усиливает эстетическое воздействие дизайна на всех этапах развития человеческой культуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Власов, В. Г. Стили в искусстве. Словарь : архитектура, графика, декоративно-прикладное искусство, живопись, скульптура. Том 1 / В. Г. Власов. – Санкт-Петербург : Кольна, 1995. – 672 с. : ил. – ISBN 5-88737-002-5. – Текст : непосредственный.
2. Михайлов, С. М. Основы дизайна : учебное пособие / С. М. Михайлов, А. С. Михайлова. – Казань : Дизайн - квартал, 2008. – 288 с. : ил. – ISBN: 5-901512-16-2. – Текст : непосредственный.
3. Холлинговорт, Мэри. Искусство в истории человека / М. Холлинговорт ; перевод с итальянского О. Б. Бобровой. – Москва : Искусство, 2006. – 512 с. : ил. – ISBN 5-210-01302-2. – Текст : непосредственный.
4. Воронов, Н. В. Российский дизайн. Очерки истории отечественного дизайна. Том 2 / Н. В. Воронов. – Москва : Союз дизайнеров России, 2001. – 382 с. : ил. – ISBN 5-901512-05-7. – Текст : непосредственный.

**DOLMATOVA Anna Anatolevna, candidate of ped. sciences, associate professor, holder of the chair of design and fine arts; GOGOLEVA Natalya Arkadevna, candidate of architecture, professor of the chair of design and fine arts**

## HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF MODERN DESIGN

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 433-03-91;
e-mail: design-nngasu@mail.ru
*Key words*: design, design and artistic activity, artistic image, environment, designing.

*The article provides the history of the development of design and its current state as a type of modern artistic and design activity.*

REFERENCES

1. Vlasov V. G. Stili v iskusstve [Styles in art]. Slovar : arkhitektura, grafika, dekorativno-prikladnoe iskusstvo, zhivopis, skulptura [Dictionary: architecture, graphics, arts and crafts, painting, sculpture]. Vol. 1 – Saint-Petersburg: Kolna, 1995. – 672 p., il. – ISBN 5-88737-002-5.
2. Mikhaylov S. M., Mikhaylova A. S. Osnovy dizayna [Design fundamentals] : ucheb. Posobie. Kazan: Dizayn-Kvartal, 2008. – 288 p., il. – ISBN: 5-901512-16-2.
3. Hollingworth Mary. Iskusstvo v istorii cheloveka [Art in the history of man]. Perevod s ital. O.B. Bobrovoy. – Moscow : Iskusstvo, 2006. – 512 p. il. – ISBN 5-210-01302-2.
4. Voronov N. V. Rossiyskiy dizayn. Ocherki istorii otechestvennogo dizayna [Russian design. Essays on the history of domestic design]. Vol. 2. – Moscow : Soyuz dizaynerov Rossii, 2001. – 382 p., il. – ISBN 5-901512-05-7.

**© А. А. Долматова, Н. А. Гоголева, 2024**
Получено: 22.01.2024 г.

**УДК 712.4: 692.47(460)**

**Т. В. КИРЕЕВА, канд. филос. наук, доц., проф. кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства**

# РЕВИТАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ЛИНЕЙНЫЕ И ВИСЯЧИЕ САДЫ И ПАРКИ. ЧАСТЬ III. ОПЫТ БАРСЕЛОНЫ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-93-92; эл. почта: tkireeva2005@yandex.ru
*Ключевые слова:* зеленые кровли, висячие сады, озеленение эксплуатируемой кровли виадука, ревитализация железнодорожной инфраструктуры, сады на искусственном основании, линейный парк.

*Рассматриваются вопросы ревитализации территории бывшего наземного коридора железнодорожной инфраструктуры в новый многоуровневый виадук с созданием висячего линейного сада на его крыше, что позволило решить транспортные, экологические и социальные вопросы района Сантс с активным участием жителей по программе соучастия. Описаны принципы и приемы создания висячего сада виадука с учетом средиземноморского климата. Проведенный анализ и мониторинг среды выявил причины и необходимость проведения досрочной реконструкции сада. Отмечена роль озеленения территории на крыше виадука как начало формирования зеленого коридора, будущего городского экологического каркаса.*

Статья является заключительной по теме ревитализации объектов железнодорожной инфраструктуры в линейные и висячие сады и парки и посвящена опыту преобразования территории широкой полосы железнодорожных путей, некогда разделяющей жилой район на две части, в многоярусную эстакаду-виадук с линейным парком *Raised Gardens of Sants* на его крыше. Это яркий пример и положительный опыт решения сложного градостроительного, логистического, инженерного, экологического и социального клубка городских проблем и символ новой идеи современности – преобразования «железная дорога – парк», широко обсуждаемой среди западных архитекторов, урбанистов и экологов [1].

**История** строительства железных дорог в Испании началась в 1837 г., и постепенно их роль стала важнейшим элементом транспортной системы и развития экономики. Главная железнодорожная станция Барселоны *Barcelona-Sants* работает с 1881 года, являясь второй по пассажиропотоку после Мадрида, где ежегодно проходит около 43 млн пассажиров. Современный комплекс станции был открыт в 1979 году, и через него идет сеть региональных, скоростных международных линий и метро.

Рассматриваемый нами участок старейшего района Сантс (*Sants)* с прошлого столетия был разделен на две части проходящим здесь коридором из 6 линий железной дороги и 2 линий метро, общей шириной 30 м и протяженностью 800 м, от городской площади Сантс до улицы Риера-Бланка. Близость железнодорожных путей к жилым домам привела к дискомфорту, шуму и загрязнению, ухудшению

состояния окружающей среды и разрыву внутренних связей района (рис. 1*а* цв. вклейки). С 2000 года местные жители начали борьбу за улучшение среды проживания с требованием убрать железнодорожные линии под землю. Администрация города в 2002 г. взялась за городской проект реконструкции железнодорожного коридора Сантс, исключив при этом вариант подземного строительства. Работа по проектированию и строительству транспортного виадука шла с 2006 по 2012 гг., (рис. 1*б* цв. вклейки), а создание зеленой зоны на крыше виадука – в период 2013–2017 гг. (рис. 1*в*, 2 цв. вклейки). Проект был разработан архитекторами Сержи Годиа (*Sergi Godia*) и Ана Малино (*Ana Molino*). Инженеры фирмы *GPO Ingenieria.* создали коробку железобетонного опорного каркаса виадука, высотой от 4 до 12 м и длиной 800 м на основе диагональных ферм, применяемых при строительстве мостов (рис. 3 цв. вклейки). Одна часть конструкции получила остекление (рис. 4 цв. вклейки), другая часть оформлена зелеными грунтовыми откосами, что создало эффект озеленения узких пространств прилегающих улиц, улучшило вид из окон домов (рис. 5 цв. вклейки). Основная задача авторов заключалась в создании структуры «больших размеров, которая была бы легкой, прозрачной и совместимой с окружающей средой» [2]. В период подготовки и разработки проекта произошли важные события в сфере городского планирования и законодательства Испании, что значительно повлияло на реконструкцию и разрабатываемый проект:

1. Строительство подземной железнодорожной инфраструктуры международного высокоскоростного поезда (*AVE)* в 2007 г. позволило убрать две линии полотна под землю, решив вопросы районной планировки и расширения прилегающей улицы (рис. 5, 6 цв. вклейки).

2. С принятием Толедской декларации 2010 г. [3] юридически было закреплено понятие целостности городского планирования на основе комплексного решения социальных и экологических проблем и улучшения окружающей среды, в том числе и посредством озеленения и благоустройства. Это решение обозначило перспективу создания зеленого каркаса города. Сад на крыше виадука в дальнейшем станет частью зеленого коридора протяженностью в 5 км до муниципалитета Корнеллы,

3. Активное участие жителей в ассоциации *LaCol Public reasons* (2013 г.) по программе партиципации (соучастия) породило много ожиданий. В рассмотрении проекта участвовали ранее пассивные слои населения: женщины, дети, подростки, иммигранты. Обсуждались вопросы доступности, разнообразие функционала территории парка и возможные конфликты; гендерные проблемы и экологическое качество среды [4].

Идея создания висячего сада на крыше железнодорожного виадука была основана на предшествующем положительном опыте Парижа (Променад Планте, 1993 г. [5]) и Нью-Йорка (Хай-Лайн, 2009 г. [6]). Авторы проекта Сантс [7], восхищенные успешным опытом коллег, создали картинку пышного озеленения крыши и зеленых откосов (рис. 3 цв. вклейки).

Пространство линейного висячего сада было разделено на 3 участка не формально, а в привязке к конструкции виадука и транспортной инфраструктуре: на уровне городских улиц созданы два автомобильных проезда по направлению север-юг и восток-запад, воссоединив некогда разделенный район Сантс. Возникшая разноуровневая инфраструктура (автомагистраль, уровень линии метро, уровень линии региональных поездов, подземный уровень

# К СТАТЬЕ Т. В. КИРЕЕВОЙ «РЕВИТАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ЛИНЕЙНЫЕ И ВИСЯЧИЕ САДЫ И ПАРКИ. ЧАСТЬ III. ОПЫТ БАРСЕЛОНЫ»

*а*

*б*

*в*

Рис. 1. Динамика изменения района *Sants*: *а* – железнодорожной коридор, разделяющий район *Sants* (2002 г.) [2]; *б* – вид на ж/б короб конструкции виадука 2012 г.; *в* – эскиз висячего сада (2013 г.) [2]

Рис. 2. Генплан участка ж/д виадука с висячим садом и прилегающими зелеными откосами. Авторы проекта *Sergi Godia + Ana Molino architects* (2014 г.) [2]

Рис. 3. Вид на висячий сад над конструкциями виадука и прилегающей улицы (2017 г.) [2]

Рис. 4. Интерьер новой станции метро *Mercat Nou* с боковым остеклением

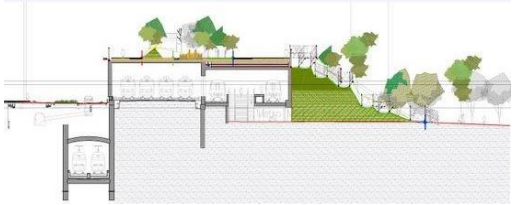


Рис. 5. Разрез виадука с уровнями: региональных поездов, метро, линии *AVE*, парком и откосом [2]

Рис. 6. Разрез виадука по линии городской улицы и поперечной магистрали *Rondo dei Mig* [2]

Рис. 7. Сад на искусственном основании над железнодорожным виадуком (01.2022 г.)

Рис. 8. Разделительный холм с деревьями и променад (01.2022 г.)

Рис. 9. Сад на крыше виадука

Рис. 10. Лестница и лифт – вертикальная связь с улицей

Рис.11. Детская площадка

Рис. 12. Теневые навесы у станции метро

Рис. 13. Стены откосов виадука, заросшие плющом
(фото 07.2023 г.)

Рис. 14. Высокая рекреационная нагрузка – вытоптанные газоны (фото 07.2023 г.)

Примечание: рис. 1–6 взяты из открытых источников Интернета; рис. 7–14 – фото автора

высокоскоростных линий, два уровня движения пешеходов) органично вписались в сложную городскую среду с помощью инженерных конструкций и ландшафтных форм (рис. 5–6 цв. вклейки). Новые пешеходные маршруты – «уникальный средовой объект, в котором коммуникативная пространственная функция имеет несколько вертикальных пространственных уровней» [8]: связи осуществляют 5 лифтов, 2 адаптивных пандуса, 3 лестницы, 4 эскалатора (рис. 10, 13 цв. вклейки).

Висячий сад на крыше виадука, поднятый на высоту от 4 до 12 м, имеет ширину 30 м и протяженность 760 м (рис. 7 цв. вклейки). Он начинается от площади Сантс, где входная часть обозначена фонтаном, теневыми конструкциями и местами для отдыха с необычной вечерней подсветкой.

Планировочное решение сада основано на двух параллельных пешеходных маршрутах с учетом местного климата и инсоляции: линия северной стороны – теневая от многочисленных деревьев, посажанных на разделительном холме. Линия южной стороны открыта солнцу, и здесь преобладают посадки кустарников, цветущих и почвопокровных растений.

Пространство между двумя маршрутами спроектировано как основа сада за счет искусственных холмов геопластики высотой до 2 метров (рис. 8 цв. вклейки), где высадили небольшие рощи из лиственных деревьев местных пород, что усилило экологическое значение сада и внесло разнообразие в пространственную структуру (рис. 9 цв. вклейки). Поперечные площадки разбивают монотонность планировки и организуют пешеходные связи от станций метро, вносят функциональное и социальное разнообразие в среду парка: детская площадка, пергола и навесы с местами для отдыха (рис. 10–12 цв. вклейки).

Озеленение парка и прилегающей территории выполнялись фирмой *Moix, Serveis i Obres, S. L.* [9]. Была произведена посадка деревьев и кустарников, установлена автоматическая система капельного полива с дистанционным управлением. Для сложных условий произрастания (небольшой объем почвы, перегрев, ветер и зной) были выбраны местные растения, устойчивые к засухе и городским условиям, быстро восстанавливающиеся, нетребовательные в уходе. Древесные посадки: типуаны (*Tipuanas*), софоры (*Sophore*), кельрейтерии (*Koelreuteria*). Нижним ярусом высажены: цветущие кустарники, шиповник и цветочные растения – шалфеи, гаура, лантана и др. В полотно газонов были добавлены пятна растений, не требующих постоянного ухода и стрижки – луковичные, почвопокровные растения и лианы (плющ обыкновенный *Hedera Helix).* Лианы в проекте использовались особенно широко: на склонах откосов, на конструкциях виадука, в защитных шпалерах и декоративных мобильных вазонах (рис. 3, 13 цв. вклейки). Всего в парке на площади около 2 га было высажено более 160 деревьев и 85 000 растений и кустарников.

Главная идея проекта сада состояла в созидательном объединении жилого района в место встречи жителей, которые в течение почти 10 лет строительства и предшествующего запустения, наконец, получили зеленое место отдыха и встреч. Эта идея соответствует понятию «ревитализация» как процессу оживления городского пространства путем обеспечения людей новой, качественной и благоприятной средой обитания, активной социализацией культурного развития [10].

**Натурное обследование висячего сада,** проведенное автором дважды: первое в январе 2022 года и второе в июле 2023 года, позволяет провести анализ

состояния объекта, сделать некоторые обобщения и выводы. Планировочное решение сада имеет положительную оценку и соответствует принципам решения линейного объекта и линейной композиции: разделение маршрута на несколько функциональных зон и пространств, чередование открытых и полузакрытых пространств с учетом местного жаркого климата и инсоляции, позволяющих публике выбирать маршрут прогулки. Озеленение крыши производит впечатление парка за счет разросшихся деревьев, кустарников, вертикального озеленения.

Несмотря на активную позицию инициативной группы жителей, проводящих социальную политику привлечения соседей к поддержанию и сохранению парка, выявлены недостатки, что связано прежде всего с высокой рекреационной нагрузкой: некогда зеленые холмы теперь практически лишены растительности (рис. 14 цв. вклейки). В ноябре 2022 года, по прошествии всего 6 лет эксплуатации, начата реконструкция сада: для защиты зеленых холмов установлены двойные ограждения – кустарники, металлические ограждения высотой 60 см. Высаживаются новые растения взамен утраченных. Замене подлежат покрытия вентиляционных шахт, ранее оформленных плакатами с историческими фотографиями местности. Состояние малых форм, испорченных граффити (рис. 12 цв. вклейки), поломанных поручней свидетельствует как о низком уровне культуры потребления, так и неучтенных вопросах планирования: отсутствие спортивных зон и мест для социализации подростков как в саду, так и в прилегающем районе. Городские власти пытаются решить эти проблемы [11]: разработан план создания зеленых зон отдыха внутри городской застройки; варианты дизайна среды по городской модели *Superilla Barcelona* при активном участии жителей и архитекторов.

**Заключение**

В настоящей статье и ранее опубликованных научных статьях автора [5, 6, 12], поднимающих тему ревитализации объектов железнодорожной инфраструктуры в линейные и висячие сады и парки, освещены только несколько примеров из мировой практики. Объекты для изучения были отобраны по следующим критериям:

– динамики исторического возникновения и развития;

– вариативности смены основной функции на другие виды;

– по возможности сохранения и воссоздания основной функции на новом уровне развития и использования;

– социализации и развитии общественного пространства;

– по параметрам «висячего сада», его состояния и жизнеспособности, экологической роли и значения как части зеленого каркаса города;

– по истории возникновения – первый объект ревитализации в полноценный висячий сад Променад Планте (Париж 1993 г.) на бывшем железнодорожном виадуке с приспособлением его в арт-пространства;

– по популярности и влиянию на последующие решения: Хай-Лайн (Нью-Йорк, 2009 г.), где были заложены принципы природоподобных посадок как новой зеленой технологии для садов на искусственном основании, а запущенный процесс джентрификации полностью изменил облик района, заложив новую модель развития городской среды;

– зеленое пространство висячего сада Сантс (*Raised Gardens of Sants*, Барселона 2017 г.), выполняя экологическую роль, стал объединяющим,

общедоступным местом социализации многонационального городского района. Сад возник на вновь возведенном многоуровневом виадуке, и это пример сохранения и расширения основной функции железнодорожной инфраструктуры на современном этапе развития.

Цель проведенной работы – показать и доказать необходимость и целесообразность использования объектов бывшей железнодорожной инфраструктуры для улучшения экологии и создания новых зеленых, линейных зон отдыха; воссоединения целостности городской среды, раннее разделенной. Железнодорожная инфраструктура занимает значительную городскую территорию, проникает в центр городов, разрезая городскую ткань, лишая ее единства, социального комфорта передвижения и коммуникации. Представленный опыт ревитализации и создания зеленых зон в виде висячих и линейных садов и парков устраняет перечисленные городские проблемы и улучшает состояние городской среды Комплексное решение проблем железнодорожной инфраструктуры урбанизированного городского пространства с устройством зеленого общественного пространства или висячего сада создает уникальный средовой объект нового поколения – экореабилитации среды. Опыт ревитализации объектов железнодорожной инфраструктуры в многофункциональные системы с зелеными крышами должен быть использован в реновации крупных и крупнейших городов России.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Rail-to-park transformations in 21st century modern cities: Green gentrification on track / Lucía Argüelles, Helen V. S. Cole, Isabelle Anguelovski. – URL: https://journals.sagepub.com/eprint/NJH9FAIVGRYBIUNZIMJW/full#.YJVA4sHegt0.twitter (дата обращения: 12.11.2023).

2. Line. Sants elevated gardens.The Strength of Architecture. – URL: https://www.metalocus.es/en/news/spanish-high-line-sants-elevated-gardens (дата обращения: 09.10.2023).

3. INM, 2010. – URL: https://www.mitma.gob.es/portal-del-suelo-y-politicas-urbanas/otros-proyectos-y-actividades/agenda-urbana-europea/la-declaracion-de-toledo-2010-y-el-impulso-a-la-regeneracion-urbana-integrada (дата обращения: 09.08. 2023).

4. Dones Jardins. Barcelona Lab for Urban Environmental Justice and Sustainability / Dones Jardins. – URL : https://www.bcnuej.org/projects/donesjardins/ (дата обращения: 09.08. 2023).

5. Киреева, Т. В. Ревитализация объектов транспортной инфраструктуры в линейные и висячие сады. Часть I. Опыт Парижа / Т. В. Киреева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 1. – С. 147–154.

6. Киреева, Т. В. Ревитализация объектов железнодорожной инфраструктуры в линейные и висячие сады. Часть II. Опыт Нью Йорка / Т. В. Киреева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 3. – С. 133–144.

7. PASSEIG DE SANTS. – URL: https://azconarchitectures.com/portfolio/passeig-de-sants/ (дата обращения: 09.08. 2023).

8. Беркман, А. Некоторые аспекты анализа мирового опыта создания линейных парков / А. Беркман. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – № 9. – С. 594–605.

9. Urbanización sobre la cubierta y espacios anexos del acceso ferroviario a la estación de Sants. – URL https://www.moix.eu/?p=2062&lang=es (дата обращения: 10.10. 2023).

10. Демидова, Е. В. Реабилитация промышленных территорий как части городского пространства / Е. В. Демидова. – Текст : непосредственный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 1. – С. 8–13.

11. Naturvation. A Horizon 2020 funded project. – URL:.https://www.bcnuej. org/ projects/naturvation/ (дата обращения: 09.11.2023).

12. Киреева, Т. В. Сады над подземными объектами транспортной инфраструктуры / Т. В. Киреева. – Текст : непосредственный // Современные проблемы истории и теории архитектуры : сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 99–105. – ISBN 978-5-9227-1266-8.

**KIREEVA Tatyana Valentinovna, candidate of philosophic sciences, associate professor, professor of the chair of landscape architecture and landscape construction**

## REVITALIZATION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE FACILITIES INTO LINEAR AND HANGING GARDENS AND PARKS. PART III. THE BARCELONA EXPERIENCE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952. Tel.: +7 (831) 433-93-92;
e-mail: tkireeva2005@yandex.tu
*Key words:* green roofs, hanging gardens, landscaping of the operated roof of the viaduct, revitalization of railway infrastructure, gardens on an artificial foundation, linear park.

*The article deals with the revitalization of the territory of the former land corridor of the railway infrastructure into a new multi-level viaduct with the creation of a hanging linear garden on its roof, which allowed solving transport, environmental and social issues of the Sants district with the active engagement of residents under the participation program. The principles and techniques of creating a hanging garden viaduct taking into account the Mediterranean climate are described. The analysis and monitoring of the environment revealed the reasons and the need for early reconstruction of the garden. The role of landscaping on the roof of the viaduct as the beginning of the formation of a green corridor, the future urban ecological framework of Barcelona, is noted.*

REFERENCES

1. Rail-to-park transformations in 21st century modern cities: Green gentrification on track – Lucía Argüelles, Helen V. S. Cole, Isabelle Anguelovski, 2022. URL: https://journals.sagepub.com/eprint/NJH9FAIVGRYBIUNZIMJW/full#.YJVA4sHegt0.twitter (data obrashcheniya 12.11.2023).

2. Line. Sants elevated gardens | The Strength of Architecture | From 1998 URL: https://www.metalocus.es/en/news/spanish-high-line-sants-elevated-gardens (data obrashcheniya 9.10.2023).

3. INM, 2010. – URL: https://www.mitma.gob.es/portal-del-suelo-y-politicas-urbanas/otros-proyectos-y-actividades/agenda-urbana-europea/la-declaracion-de-toledo-2010-y-el-impulso-a-la-regeneracion-urbana-integrada (data obrashcheniya 09.08.2023).

4. Dones Jardins – Barcelona Lab for Urban Environmental Justice and Sustainability. URL: https://www.bcnuej.org/projects/donesjardins/ (data obrashcheniya 09.08.2023).

5. Kireeva T. V. Revitalizatsiya obektov zheleznodorozhnoy infrastruktury v lineynye i visyachie sady i parki. Chast I. Opyt Parizha [Revitalization of railway infrastructure facilities

into linear and hanging gardens and parks. Part I. The Paris experience]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] // Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023. – № 1. P. 147–153.

6. Kireeva T. V. Revitalizatsiya obektov zheleznodorozhnoy infrastruktury v lineynye i visyachie sady i parki. Chast II. Opyt Nyu Yorka [Revitalization of railway infrastructure facilities into linear and hanging gardens and parks. Part II. The New York experience]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] // Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023. № 3. P. 133–144.

7. PASSEIG DE SANTS. URL: https://azconarchitectures.com/portfolio/passeig-de-sants/ (data obrashcheniya 12.09.2023).

8. Berkman A. Nekotorye aspekty analiza mirovogo opyta sozdaniya lineynykh parkov [Some aspects of the analysis of the world experience in creating linear parks] / Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost [Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate]. 2019. № 9 (3). P. 594–605.

9 Urbanización sobre la cubierta y espacios anexos del acceso ferroviario a la estación de Sants. URL : https://www.moix.eu/?p=2062&lang=es (data obrashcheniya 10.11.2023).

10. Demidova E. V Reabilitatsiya promyshlennykh territoriy kak chasti gorodskogo prostranstva [Rehabilitation of industrial territories as part of urban space] // Akademicheskiy vestnik UralNIIproekt RAASN [Academic Bulletin of UralNIIproekt RAACS]. 2013. № 1. P. 8–13.

11. Naturvation | A Horizon 2020 funded project. URL:https://www.bcnuej.org/projects/naturvation/ (data obrashcheniya 10.11.2023).

12. Kireeva T. V. Sady nad podzemnymi obektami transportnoy infrastruktury [Gardens above underground transport infrastructure facilities] // Sovremennye problemy istorii i teorii arkhitektury [Modern problems of history and theory of architecture] : sbornik materialov VII Vserossiyskoy nauchno-prakt. konf. - Saint-Petersburg, 2022. P. 99–100. – ISBN 978-5-9227-1266-8.

**© Т. В. Киреева, 2024**
Получено: 11.12.2023 г.

**УДК 72.036**

**А. С. ШУМИЛКИН, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования[1], главный архитектор[2]; Д. Д. ХМЕЛЕВСКАЯ, аспирант, ассистент кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования[1]**

# АРХИТЕКТУРНО-РЕСТАВРАЦИОННЫЕ ШКОЛЫ РОССИИ XX – НАЧАЛА XXI ВВ.

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37; эл. почта: ist_arh@nngasu.ru
[2]ООО «АСГАРД», г. Н. Новгород, ул. Гоголя, д. 47. Тел.: (831) 433-21-07; эл. почта: info@asgard-arch.ru
*Ключевые слова:* архитектурная реставрация, архитектурно-реставрационные школы, этапы формирования.

*Исследуются этапы развития архитектурной реставрации, связанные с формированием архитектурно-реставрационных школ и сложением системы школ высшего архитектурного образования в России в XX – начале XXI вв. Выявляются этапы развития архитектурно-реставрационных школ и их особенности.*

Исследование истории архитектурной реставрации в России показывает, что наиболее значительные этапы ее развития связаны с формированием феномена архитектурно-реставрационных школ и сложением системы школ высшего архитектурного образования. Архитектурно-реставрационным школам принадлежала особая роль в трансляции и преемственности традиций реставрации, которая, по словам русского философа А. Ф. Лосева, определяется как «способ изучения наследия, и изучения не только группой профессионалов, но обществом, обретающим в культурном наследии родственную связь с деяниями предков» [1].

Эволюция феномена архитектурно-реставрационных школ, понимаемого как совокупность приемов и направлений реставрации, формируемых высшими учебными заведениями и лидерами-реставраторами, включает *правила* (методологию), сложившиеся последовательно на основе общности сохранившегося культурного наследия внутри единой территории: его исторических, архитектурных особенностей, времени, материала, применяемых технологий строительства и др.

Различные аспекты проблематики архитектурных школ и школ архитектурной реставрации затрагивались в трудах: Е. А. Борисовой, Т. В. Вавилонской, Ю. А. Егорушкина, В. Г. Залесова, Е. В. Ильиной, В. В. Кавельмахера, А. А. Кедринского, Е. И. Кириченко, Е. Б. Овсянниковой, В. М. Рославского, С. В. Семенцова, И. А. Столетова, А. С. Щенкова, В. А. Ядрышникова и др [2, 3, 4].

Предпосылки архитектурно-реставрационных школ закладывались на дореволюционном этапе в рамках организаций и научных обществ (Московское

археологическое общество, Императорская археологическая комиссия и др.), осуществлявших деятельность по изучению, сохранению и реставрации древнерусского зодчества. К 1917 г. в Москве и С.-Петербурге наметилось сложение двух ведущих центров архитектурного образования, научных исследований и реставрационной практики (рис. 1 цв. вклейки).

Можно выделить основные этапы формирования архитектурно-реставрационных школ XX – XXI вв.

Развитие отечественной реставрационной школы на этапе 1917–1941 г. (довоенный этап) характеризовалось тенденцией к централизации с главенствующей позицией московской школы. Всероссийский художественный научно-реставрационный центр, основанный в Москве по инициативе исследователя искусства академика И. Э. Грабаря в 1918 г., с дальнейшим преобразованием в Центральные государственные реставрационные мастерские в 1924 г., стал ведущей государственной реставрационной организацией и приобрел статус главного научно-методического центра по наиболее крупным реставрационным работам в стране. Московская школа объединила российских и советских ученых-теоретиков и практиков архитектурной реставрации, под руководством которых проводились реставрационные работы на особо значимых памятниках (например, Покровский собор (1921–1928 гг., арх. Д. П. Сухов) и Казанский собор (1925–1929 г., арх. П. Д. Барановский) на Красной площади в Москве, Георгиевский собор в Юрьеве-Польском (1923–1936 гг., арх. П. Д. Барановский, И. Э. Грабарь)).

Помимо того, на данном этапе шло развитие системы архитектурного образования РСФСР, когда почти единовременно было создано порядка 20 высших учебных заведений с профильным архитектурным образованием в Москве, Ленинграде, Казани, Горьком, Волгограде, Астрахани, Екатеринбурге, Новосибирске и других городах. Это закладывало основы формирования архитектурно-реставрационных школ в регионах на дальнейших этапах [5].

Следующий этап 1941–1948 гг. (военный) характеризовался становлением государственной системы реставрации в связи с важнейшими задачами восстановления исторического наследия разрушенных войной городов. В 1944–1945 гг. происходило формирование реставрационных мастерских в городах с особо ценным наследием и на территориях, пострадавших от военных разрушений. В Москве были восстановлены после периода закрытия Центральные проектные реставрационные мастерские, организованы архитектурно-реставрационные мастерские в Ленинграде, Владимире, Новгороде, Пскове (рис. 2 цв. вклейки).

Начавшиеся в этот период работы во многом носили характер инженерного укрепления и консервации. Разрабатывались реставрационные методы сохранения наиболее значимых памятников архитектурных школ на территориях военных разрушений: в Ленинграде восстанавливались Юсуповский дворец на Мойке (1946 г., арх. И. Н. Бенуа) и Русский музей (1945–1947 гг.; арх. Л. М. Анолик, Г. А. Гринберг, К. Д. Халтурин) с интерьерами, в Новгороде – церковь Спаса Преображения на Ильине улице (1945–1947 гг., арх. Л. М. Шуляк), в Пскове – храм Спаса Преображения в Мирожском монастыре (1946–1947 гг., рук. Ю. П. Спегальский). Отдельные работы на памятниках со сложными наслоениями и утратами были связаны с поиском реставрационной методологии и ориентировались на целостную реставрацию архитектурного облика – например,

реставрация московской церкви Трифона XV в. в Напрудной (1947–1953 гг., арх. Л. А. Давид). На данном этапе были начаты работы, впоследствии определившие наиболее значительные черты и особенности крупных архитектурно-реставрационных школ РСФСР. Примером таких работ является разработка методов инженерного укрепления древнейшего памятника белокаменной архитектуры Дмитриевского собора во Владимире (кон. 1940-х – нач. 1950-х гг., арх. А. Д. Варганов, А. В. Столетов).

Этап 1948–1960-х гг. (ранней советской реставрации) отмечен второй волной формирования новых реставрационных мастерских в регионах на основе Постановления 1948 г. «О мерах улучшения охраны памятников культуры». Существенно расширилось число мастерских центральной части страны – выделенные реставрационные организации появились в Казани, Костроме, Молотове (Перми), Ярославле, Горьком, Рязани, Смоленске, Кирове, Калуге, Саранске; в регионах северной части страны – в Петрозаводске, Вологде, Архангельске; на юге РСФСР – в Астрахани, Дербенте. Также возникали новые центры архитектурного образования в Москве, Ижевске, Владимире, Пензе, Ухте, Томске, Якутске, Хабаровске. Таким образом, этап характеризовался развитием единой государственной системы реставрационной деятельности страны, дифференцированной в рамках уже существовавших и вновь созданных региональных реставрационных мастерских (рис. 3 цв. вклейки).

На рассматриваемом этапе определились передовые позиции крупных архитектурно-реставрационных школ на территориях со сформированными школами архитектуры и искусства, обладавшими яркими особенностями и представлявшими отдельные пласты национальной культуры: московская, ленинградская, владимиро-суздальская, новгородская, псковская, ярославская, горьковская, казанская и др. Неоднородный характер архитектурного наследия обуславливал широкую палитру и в некоторой степени поляризацию реставрационных методов внутри архитектурно-реставрационных школ в рамках синтетического направления, основанного на соединении археологического и стилистического направлений реставрации. Закрепилась ведущая роль московской школы в формировании методологии реставрации, фундаментальных исследований и практики.

В целом же, под влиянием идей Венецианской хартии 1964 г. [2], общими принципами в рамках всех школ становилось стремление к максимальному сохранению архитектурного памятника как научного документа, понимание единства подлинности формы [7, 8, 9, 10] и материала, признание позднейших наслоений, имеющих художественную и практическую ценность, недопустимость уничтожения подлинных следов аутентичных форм. Среди работ данного этапа – наиболее значимые в методическом отношении крупные памятники и ансамбли страны: в Москве восстанавливались Покровский собор на Рву (с 1953 г., арх. Соболев Н. Н., Белов Г. П., Сычев Н. П.), Спасский собор Спасо-Андроникова монастыря (1959–1961 гг., арх. Давид Л. А., Альтшуллер Б. Л., Подъяпольский С. С., Циперович М. Д.); в Ленинграде – Большой дворец в Петергофе (1948–1958 гг., арх. В. М. Савков, Е. В. Казанская), Екатерининский дворец в Пушкине (1960-х гг., арх. А. Э. Гессен, А. А. Кедринский); в Новгороде – церковь Параскевы Пятницы на Торгу (1954–1962 гг., арх. Г. М. Штендер). Развивались концептуальные основы научной реставрации и консервации памятников и ансамблей, представлявших яркие архитектурные особенности

# К СТАТЬЕ А. С. ШУМИЛКИНА, Д. Д. ХМЕЛЕВСКОЙ «АРХИТЕКТУРНО-РЕСТАВРАЦИОННЫЕ ШКОЛЫ РОССИИ XX – НАЧАЛА XXI ВВ.»

Рис. 1. Архитектурно-реставрационные школы в 1917–1941 гг. Формирование двух центров реставрации в Москве и С.-Петербурге

Рис. 2. Архитектурно-реставрационные школы в 1941–1948 гг. Формирование архитектурно-реставрационных школ: Московской, С.-Петербургской, Владимиро-Суздальской, Новгородской, Псковской (5 АРШ)

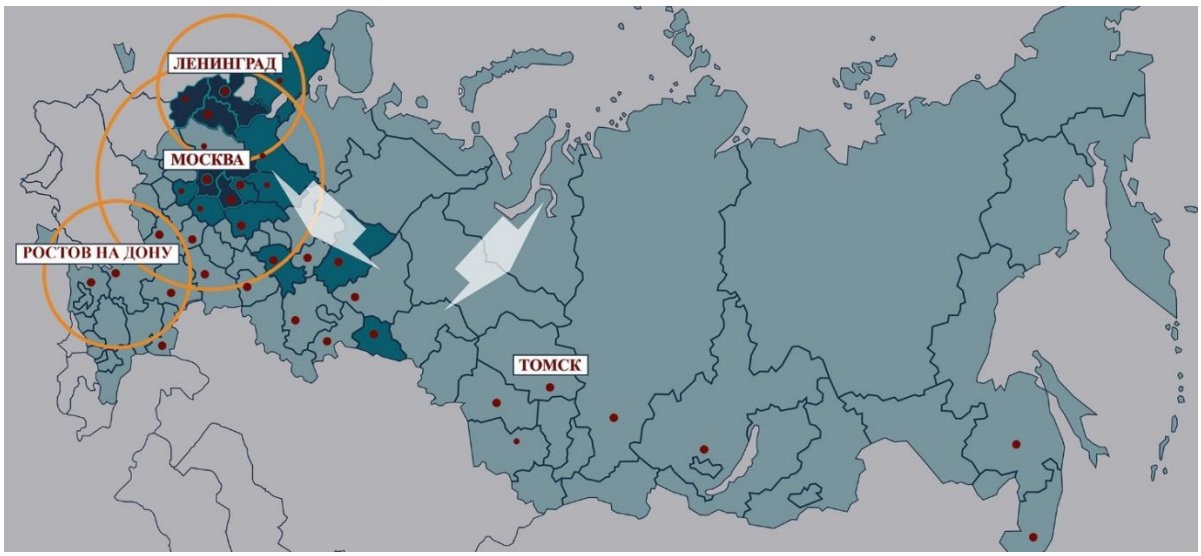



Рис. 3. Архитектурно-реставрационные школы в 1948–1960 гг. (формирование 18 АРМ)

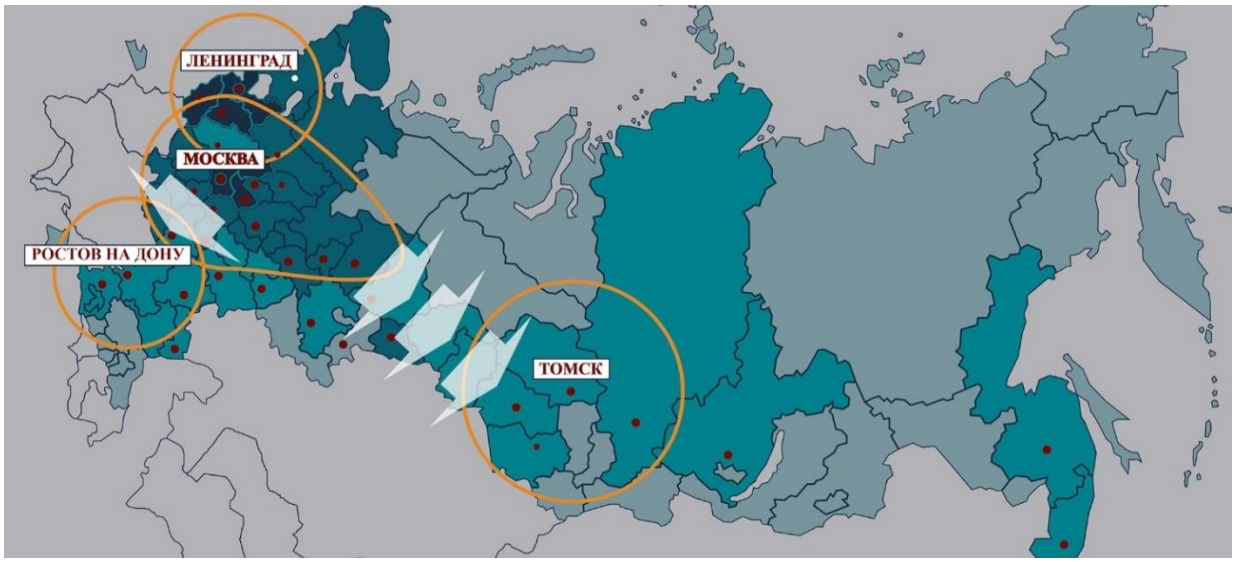



Рис. 4. Архитектурно-реставрационные школы в 1970–1980 гг. (формирование 38 АРМ)

Рис. 5. Сети региональных архитектурно-реставрационных мастерских в 1991–2020 гг.

региональных школ: Рождественский собор Суздальского кремля (1964 г., арх. И. А. Столетов, М. М. Субботина), памятники Ростовского Кремля (с 1953 г., арх. В. С. Баниге), руины Болгарского городища в Республике Татарстан (1960-е гг., арх. С. С. Айдаров), Храм Петра и Павла в Смоленске (1960-е гг., Г. М. Аптекин), ансамбль Нижегородского Кремля (с 1949 г., арх. С. Л. Агафонов).

Этап 1970-х–1980-х гг. (зрелой советской реставрации) характеризовался третьей волной создания региональных архитектурно-реставрационных мастерских в центральной, южной, восточной частях страны. Наиболее значительным для данного этапа стало формирование целого пласта школ в регионах Сибири и Дальнего Востока: в Томске, Иркутске, Екатеринбурге, Новосибирске, Красноярске, Омске, Тюмени, Владивостоке и др. (рис. 4 цв. вклейки). Одновременно во многих из этих регионов шло создание новых школ высшего архитектурного образования.

Данный этап характеризовался развитием научно-реставрационных методов, основанных на фрагментарной реставрации, инженерной реставрации, консервации. Среди работ, проводившихся на крупнейших и уникальных памятниках, – восстановление Московского кремля (1973–1981 гг., арх. Воробьев А. В., Хамцов А. И.), Софийского собора в Новгороде (1970-е гг., арх. Г. М. Штендер), церкви Покрова на Нерли (1981–1989 гг.), Георгиевского собора в Юрьеве-Польском (с 1979 г.) и др.

Практика реставрационных школ приобретала более комплексный характер в рамках проблематики средового подхода и включения памятников в современную жизнь. Развивались методы градостроительной реставрации (скансенологические методы, методы музеефикации, транслокации, воссоздания утраченных объектов и др.); например, в практике школ Сибири, уникальный пласт которых составляло народное деревянное зодчество (Музей народного зодчества «Тальцы» в Иркутске, с 1966 г. – арх. Г. Г. Оранская). Впервые в реставрационную практику входили памятники промышленной архитектуры; на примере индустриального наследия уральских городов-заводов разрабатывались концепции их комплексного сохранения с преобразованием функции (мемориально-парковый комплекс на месте Екатеринбургского железоделательного завода (1970-е гг.; рук. Н. С. Алферов, арх. А. А. Стариков).

Завершающий этап 1991–2020-х гг. (новейшей российской реставрации) характеризуется расформированием сложившихся на предыдущих этапах государственных организаций и дальнейшим развитием реставрационной деятельности в рамках сети частных региональных реставрационных мастерских в масштабе территориально-административных округов страны (рис. 5 цв. вклейки).

Данный этап отмечен значительным расширением географии деятельности мастерских, а также развитием системы вузов с возрастанием их количества в региональных центрах. На базе отдельных школ архитектурного образования – московской, санкт-петербургской, самарской, казанской, нижегородской, ростовской, екатеринбургской, томской и др. – было выделено архитектурно-реставрационное направление специализации. Фактор наличия в регионе сложившейся реставрационной школы и школы архитектурного образования существенно сказывается на устойчивом развитии реставрационного процесса и его преемственности методам научной реставрации, заложенным ведущими

архитектурно-реставрационными школами и их лидерами во второй половине XX в. Можно отметить, что на современном этапе лидерство в методике и практике реставрации сохраняют старейшие школы: московская и Санкт-Петербургская. Устойчивыми признаками реставрационных школ современного этапа обладают владимиро-суздальская, ярославская, новгородская, псковская, казанская, нижегородская, томская школы.

Характер практики архитектурно-реставрационных школ на современном этапе определяется широкой палитрой видов и методов реставрации в зависимости от типологии, первоначального назначения памятника и в значительной степени от его предполагаемого современного использования. В актуальных условиях развития центров городов и включения их наследия в современную жизнь получили распространение принципиально новые направления реставрации, совмещенные с реконструкцией; при этом допускается частичное переустройство, модернизация, изменение исторического объема памятника, надстройка и встройка элементов нового строительства (наиболее масштабные примеры реализации данного направления можно наблюдать в практике московской, санкт-петербургской школ – «Музейный городок» в историческом центре Москвы (2014 г., бюро «Меганом»), Музейный комплекс Государственного Эрмитажа в восточном крыле Главного Штаба в С.-Петербурге (2008–2014 гг.; рук. Н. И. Явейн)).

Ориентация реставрационных школ на средовую парадигму и сохранение архитектурно-градостроительной целостности обуславливают практику воссоздания исторических объектов, снесенных и разрушенных в XX в. (например, Казанский собор на Красной площади в Москве (1990 г., арх. О. Журин, Г. Мокеев), Церковь Успения на Волотовом поле (2001–2003 гг., арх. Л. Красноречьев, Н. Н. Кузьмина)).

Современная практика отмечена формированием кластерного направления, основанного на комплексной реорганизации фрагментов городского пространства с усилением их градоформирующей роли, выявлением и сохранением исторического каркаса градостроительного образования, актуализацией современного «прочтения» объектов и образно-художественным обогащением архитектурной среды («Фабрика Станиславского», проект 2007–2010 гг., “*JohnMcCaslan&Partners*”); деревянная застройка «130 квартала» в Иркутске (2010–2012 гг., авт.: Григорьева Е. И., Макаров А. Ю., Меерович М. Г., Красная Н. Н. и др.)).

Таким образом, общие черты региональных архитектурно-реставрационных школ на современном этапе определяются направленностью на устойчивое развитие и комплексное сохранение культурного ландшафта страны и ее отдельных регионов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лосев, А. Ф. О понятии художественного канона / А. Ф. Лосев. – Текст : непосредственный // Проблема канона в древнем и средневековом искусстве Азии и Африки : сборник статей / АН СССР, Институт востоковедения, Министерство культуры СССР, Институт истории искусств. – Москва, 1973. – С. 6–15.

2. Международная хартия по консервации и реставрации памятников и достопримечательных мест («Венецианская хартия») : II Международный конгресс архитекторов и технических специалистов по историческим памятникам

(Венеция, 25-31 мая 1964 года). – URL: https://docs.cntd.ru/document/901756982?ysclid=lt5hlyxg3y398497490. – Текст : электронный.

3. Памятники архитектуры в Советском Союзе : очерки истории архитектурной реставрации / Под редакцией А. С. Щенкова ; Российская академия архитектуры и строительных наук, Научно-исследовательский институт теории архитектуры и градостроительства. – Москва : Памятники исторической мысли, 2004. – 696 с. : ил. – ISBN 5-88451-146-9. – Текст : непосредственный.

4. Пруцын, О. И. Реставрация и реконструкция архитектурного наследия. Теоретические и методические основы реставраций исторического и архитектурного наследия : учебное пособие для студентов вузов обучающихся по спец. «Реставрация и реконструкция архитектурного наследия» / О. И. Пруцын. – Текст : непосредственный // Академия реставраций : труды. – Москва, 1996. – Выпуск 5. – 91 с.

5. Рославский, В. М. Москва-Петроград. Два центра отечественной реставрации : монография / В. М. Рославский ; Министерство культуры Российской Федерации, Государственный историко-культурный музей-заповедник «Московский Кремль». – Москва : Индрик, 2015. – 576 с. : ил. – ISBN: 978-5-91674-376-0. – Текст : непосредственный.

6. Семенцов, С. В. Санкт-Петербургская школа реставрации : проблемы подготовки кадров / С. В. Семенцов. – Текст : непосредственный // Вестник. Зодчий. 21 век. – 2016. – № 2 (59). – С. 40–43.

7. Собирая камни… Центральные научно-реставрационные проектные мастерские. 65 лет / Н. Д. Троскина, С. Б. Куликов, А. С. Подъяпольский [и др.]. – Москва : АртКом, 2012. – 622 с. : ил., фото. – Текст : непосредственный.

8. Столетов, И. А. Владимиро-суздальская школа реставрации / И. А. Столетов. – Владимир, 2011. – 334 с. : ил. – Текст : непосредственный.

9. Успенская, А. М. Развитие архитектурных школ СССР / А. М. Успенская. – Текст : непосредственный // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ : материалы Международной научно-практической конференции, 02–06 апреля 2018 г. : сборник статей / Московский архитектурный институт (государственная академия). – Москва, 2018. – С. 213–217.

10. Ядрышников, В. А. Чудо возрождения. История новгородской архитектурной реставрации / В. А. Ядрышников. – Санкт-Петербург : Крига, 2017. – 367 с. : ил. – ISBN 978-5-901805-98-5. – Текст : непосредственный.

**SHUMILKIN Aleksandr Sergeevich, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design[1], chief architect[2]; KHMELEVSKAYA Darya Dmitrievna, assistant, postgraduate student of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural designing[1]**

## ARCHITECTURAL AND RESTORATION SCHOOLS OF RUSSIA OF THE XX – EARLY XXI CENTURIES

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel: +7 (831) 430-17-37;
e-mail: ist_arh@nngasu.ru
[2]JSC ASGARD
47, Gogol St., Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel.: +7 (831) 433-21-07;
e-mail: info@asgard-arch.ru
*Key words:* architectural restoration, architectural restoration schools, stages of formation.

*The stages of the development of architectural restoration associated with the formation of architectural restoration schools and the formation of the system of schools of higher architectural education in Russia in the XX – early XXI centuries are studied. The stages of development of architectural and restoration schools and their features are revealed.*

REFERENCES

1. Losev A. F. O ponyatii khudozhestvennogo kanona [About the concept of the artistic canon] / Problema kanona v drevnem i srednevekovom iskusstve Azii i Afriki [The problem of the canon in the ancient and medieval art of Asia and Africa] : sbornik statey. AN SSSR, Institut vostokovedeniya, Ministerstvo kultury SSSR, Institut istorii iskusstv. Moscow, 1973. P. 6-15.
2. Mezhdunarodnaya khartiya po konservatsii i restavratsii pamyatnikov i dostoprimechatelnykh mest («Venetsianskaya khartiya») [International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites ("The Venice Charter")] : II Mezhdunarodny kongress arkhitektorov i tekhnicheskikh spetsialistov po istoricheskim pamyatnikam [Second International Congress of Architects and Specialists of Historic Buildings]. Venice, May 25-31, 1964. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901756982?ysclid=lt5hlyxg3y398497490.
3. Pamyatniki arkhitektury v Sovetskom Soyuze: Ocherki istorii arkhitekturnoy restavratsii [Architectural monuments in the Soviet Union: Essays on the history of architectural restoration] / Pod red. A.S. Shchenkova; Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk, Nauchno-issledovatelskiy institut teorii arkhitektury i gradostroitelstva. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli, 2004, 696 p., il. – ISBN 5-88451-146-9.
4. Prutsyn O. I. Restavratsiya i rekonstruktsiya arkhitekturnogo naslediya. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy restavratsiy istoricheskogo i arkhitekturnogo naslediya [Restoration and reconstruction of architectural heritage. Theoretical and methodological foundations of restoration of historical and architectural heritage] : uchebnoe posobie. Akademiya restavratsiy : trudy. Moscow, 1996. Issue 5. – 91 p.
5. Roslavskiy V. M. Moskva-Petrograd. Dva tsentra otechestvennoy restavratsii [Moscow-Petrograd. Two centers of national restoration] : monografiya. Ministerstvo kultury RF, Gos. Istoriko-kulturny muzey-zapovednik "Moskovskiy Kreml". – Moscow, Indrik, 2015, 576 p., il. – ISBN: 978-5-91674-376-0.
6. Sementsov S. V. Sankt-Peterburgskaya shkola restavratsii: problemy podgotovki kadrov [St. Petersburg school of restoration: problems of personnel training]. Vestnik. Zodchiy. 21 vek [Herald. Architect. 21st century]. 2016, № 2 (59). P. 40–43.
7. Troskina N. D., Kulikov S. B., Podyapolskiy A. S. [et al.]. Sobiraya kamni… Tsentralnye nauchno-restavratsionnye proektnye masterskie. 65 let [Collecting stones... Central scientific and restoration design workshops. 65 years] / Moscow, ArtKom, 2012. 622 p., il., foto.
8. Stoletov I. A. Vladimiro-Suzdalskaya shkola restavratsii [Vladimir-Suzdal School of Restoration]. Vladimir, 2011, 334 p., il.
9. Uspenskaya A. M. Razvitie arkhitekturnykh shkol SSSR [Development of architectural schools of the USSR] / Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie. Trudy MARKhI : materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 02–06 aprelya 2018 goda : sbornik statey. Moskov. arkhitektur. in-t (gos. akademiya). Moscow, 2018. P. 213–217.
10. Yadryshnikov V. A. Chudo vozrozhdeniya. Istoriya novgorodskoy arkhitekturnoy restavratsii [The Miracle of Revival: The History of Novgorod Architectural Restoration]. Saint-Petersburg, Kriga. 2017. – 367 p.: il. – ISBN 978-5-901805-98-5.

**© А. С. Шумилкин, Д. Д. Хмелевская, 2024**
Получено: 26.12.2023 г.

**УДК 72:627.2**

**ХАФСА Талеб, аспирант кафедры архитектурного проектирования**

# СТАНОВЛЕНИЕ ПОРТОВ И ПОРТОВЫХ ГОРОДОВ: ОТ АНТИЧНОСТИ ДО СОВРЕМЕННОСТИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (930) 210-72-11; эл. почта: hafsataleb98@gmail.com
*Ключевые слова:* древние порты, портовая архитектура, история порта.

*Представлена информация о зарождении и развитии портов и портовых городов в Средиземноморском регионе со времен Античности и до наших дней. Статья охватывает различные аспекты, связанные с их классификацией, функциями и особенностями построения; описано современное состояние портов в Средиземноморье и выявлены ключевые проблемы в этой сфере.*

Древние порты, первоначально созданные в связи с развитием военно-морского флота, имели различные формы и характеристики. Они существовали как у греков и римлян, так и у других древних цивилизаций: пунийцев, минойцев и жителей Древнего Египта. Ранее, с точки зрения Ришара Лефевра де Ноэтта [1], считалось, что первые порты представляли собой простые пляжи, на которые ежедневно вытаскивались лодки. Однако сегодня мы знаем, что это не так. Уже с появлением наиболее древних портов перед строителями ставилась задача создания естественных укрытий, которые обеспечивали бы защиту от бушующего моря и предоставляли удобные условия для захода и выхода кораблей [1]. При выборе места для порта определяющими факторами были природные и экономические условия: защита от ветра и близость к крупным городам, а также доступность сухопутных и речных путей [2]. В дополнение к естественным портам, древние цивилизации также создавали искусственные порты, которые соответствовали растущим потребностям морской торговли.

Что касается типологии древних портов, их можно классифицировать по нескольким критериям. Во-первых, по принадлежности к той или иной цивилизации. Так, например, греческие порты часто располагались отдельно от городов, в то время как финикийские и пунические порты строились как продолжение городских стен, а римские порты не всегда находились близко к городским сооружениям [3].

Во-вторых, можно классифицировать древние порты по размерам. Различают маленькие и большие порты. Небольшой порт – это простой морской, а потому хорошо защищенный пляж, возле которого корабли бросают якорь. Маленький порт служил рыболовным, торговым или простым частным портом. Это позволяло ему благодаря каботажу играть перераспределительную роль для региона, который не имел выхода к морю и к которому трудно было добраться по сухопутным дорогам. Многие из этих небольших портов вели значительную экономическую деятельность на местном или региональном уровне, экспортируя сельскохозяйственную и промышленную продукцию из своих внутренних районов и импортируя продукты питания из средиземноморского мира. Большие

порты всегда представляли собой по крайней мере частично искусственные порты, конструкция которых в определенной степени соответствует приведенным описаниям [4]. Крупные порты могли быть многобассейновыми или однобассейновыми, располагаться в устье реки или непосредственно на побережье. Они позволяли осуществлять торговлю на дальние расстояния и перевозку больших объемов продукции. В число наиболее известных крупных портов входили такие портовые комплексы, как Остия (рис. 1 и 2 цв. вклейки), Поццуоли (рис. 3 цв. вклейки), Антиохия (рис. 4 цв. вклейки) и Лептис-Магна (рис. 5 цв. вклейки). Четыре основных порта древнего Средиземноморья: Портус (порт Клавдия и порт Траяна) (рис. 6 цв. вклейки), Афины (рис. 7 цв. вклейки), Александрия (рис. 8 цв. вклейки) и Карфаген (рис. 9 цв. вклейки).

В-третьих, существует классификация портов по функциям. Древние порты могли быть как военными, так и торговыми, хотя многие из них выполняли смешанные функции, и «гражданский» порт мог временно стать военной базой. Таким образом, древние порты представляли собой разнообразные и сложные инженерные сооружения, которые играли важную роль в экономике и обороне древних цивилизаций. Портовые сооружения имели большое значение для греческих и римских торговых судов, так как они предоставляли необходимые условия для укрытия, поставок и проведения ремонтных работ в случае плохой погоды или других неблагоприятных происшествий.

Крупнейшие порты могли иметь одну или несколько гаваней. Эти порты располагались непосредственно у моря либо частично были вырыты в суше. Некоторые порты имели несколько гаваней, часть из которых была хорошо защищена причалами, а другая более открыта к морю. Примером такого многофункционального порта была Александрия (рис. 8 цв. вклейки), где гавани различались по степени защищенности от ветров и течений. Также существовали порты полуостровов, как например, Пирей (рис. 10 цв. вклейки), который развивался на полуострове Актея. Для обеспечения безопасной перевалки товаров на берег были необходимы волнорезы, причалы и пристани. Волнорезы уменьшали воздействие морских волн и ускоряли процесс выгрузки [5 цв. вклейки].

Неотъемлемой частью портовой инфраструктуры было строительство пристаней. Оно позволяло обслуживать крупные суда весом сотни тонн, которые не могли причалить к берегу без соответствующих условий. Пристани, защищенные волнорезами, предоставляли место для швартовки крупных судов и для перегрузки товаров. Они могли быть построены вдоль берега или быть двусторонними (пирсами).

Кроме того, в портах требовались различные сооружения для эффективной деятельности на суше. В Древнем Риме, например, существовали так называемые склады (*horrea*) (рис. 11 цв. вклейки), которые предназначались для хранения определенных товаров. Также были портовые капитанства и постройки для службы аннонов (службы по обеспечению пищей Римской империи), казармы и гауптвахты для военных сил, обеспечивающих безопасность порта, торговые станции, биржи, гостиницы и другие объекты. Маяки и сигнальные башни служили для указания пути к гавани и обеспечения безопасности судоходства [5].

Морские порты в Древности представляли собой величественные архитектурные ансамбли, настоящей «жемчужиной» которых были входные ворота. По словам Жана Руже [6], они порой выглядели «почти как триумфальные

**К СТАТЬЕ ХАФСА ТАЛЕБ**
**«СТАНОВЛЕНИЕ ПОРТОВ И ПОРТОВЫХ ГОРОДОВ:**
**ОТ АНТИЧНОСТИ ДО СОВРЕМЕННОСТИ»**

Рис. 1 – порт Остии; рис. 2 – портовый комплекс Остии; рис. 3 – порт Поццуоли; рис. 4 – порт Антиохии; рис. 5 – порт Портус; рис. 6 – великий порт Лептис; рис. 7 – порт Афины; рис. 8 – порт Александрия

Рис. 9 – порт Карфаген; рис. 10 – порт Пирей; рис. 11 – склады (*horrea*); рис. 12 – триумфальные ворота; рис. 13 – две башни у входа в порт Ла-рошель; рис. 14 – пирс порта Поццуоли; рис. 15 – маяк порта Поццуоли; рис. 16 – Александрийский портовый маяк

ворота» (рис. 12 цв. вклейки). Древнеримский архитектор и механик Витрувий указывает на то, что вход в акваторию порта часто был обрамлен двумя башнями, стоящими на концах причалов [7] (рис. 13 цв. вклейки). Эти башни имели важное морское и военное значение, так как служили ориентирами для мореплавателей и могли использоваться для закрытия порта с помощью цепей. Но они также обладали декоративной ценностью. На особую заботу древних архитекторов о красоте и монументальности портов обращает внимание и Иосиф Флавий [8], когда описывает средиземноморский порт Кесария и его впечатляющий вход с колоссами и башнями. Некоторые другие портовые сооружения, несмотря на свою утилитарность, также могли быть украшены статуями и монументальными арками, как например, большой пирс порта Поццуоли (рис. 14 цв. вклейки): этот искусственный волнолом длиной 372 метра, построенный в открытом море на квадратных опорах, на котором возвышаются две триумфальные арки (одна украшена сверху четырьмя морскими Тритонами, другая – квадригой, управляемой Нептуном) и две колонны, украшенные статуями, обозначающими вход в порт. К этим памятникам следует добавить портики, проходящие вдоль пирсов и набережных, храмы и памятники, которые, располагаясь у подножия порта или возвышаясь над ним, усиливают красоту всего ансамбля. Важным элементом среди портовых сооружений являлся также маяк (рис. 15 цв. вклейки), и, несомненно, древние строители стремились возвести нечто такое, что могло бы сравниться со знаменитым маяком в Александрии (рис. 16 цв. вклейки).

Таковы главные особенности строительства древних портов. Теперь хотелось бы охарактеризовать построение портов Средиземноморья в его историческом развитии и обратиться к современности.

Средиземное море – это почти полностью закрытое межконтинентальное море, омывающее берега Европы, Африки и Азии, начиная от Гибралтарского пролива на западе и простираясь до входа в Дарданеллы и Суэцкий канал на востоке. Общая площадь этого моря составляет примерно 2,5 миллиона квадратных километров. Восточный выход в Атлантический океан через Гибралтарский пролив имеет ширину 14 километров. Его название происходит от того факта, что оно дословно означает «море посреди земли». В древности Средиземное море играло ключевую роль в морском транспортном сообщении, обеспечивая торговый и культурный обмен между развивающимися цивилизациями, такими как месопотамцы, египтяне, персы, финикийцы, карфагеняне, берберы, греки и римляне. Средиземноморский бассейн имеет богатую и древнюю историю, являясь колыбелью западной цивилизации, а также свидетелем расцвета и падения величайших государств. Своим доминированием в этом регионе известны прежде всего Греция, Карфаген и Рим, которые активно развивали морскую торговлю и военные морские операции.

Новейшую историю Средиземноморья можно разделить на три ключевых периода. Первый из них – это испано-османское Средиземноморье в период с 1553 по 1573 год. Этот период характеризовался расширением Османской империи после захвата Константинополя в 1453 году и конфликтом между христианскими и мусульманскими империями, которые контролировали берега Средиземного моря [9]. В этот период произошло изгнание Ордена Святого Иоанна с острова Родос на остров Мальта. Битва при Лепанто в 1571 году поставила точку в наступлении Османской империи на западные берега Средиземного моря. Второй период – французское Средиземноморье в XVII веке,

когда Средиземное море стало торговым центром, контролируемым Францией. В этот период берберийская раса стала важной частью дополнительных войск, размещенных в колониях Северной Африки, и такие порты, как Алеппо и Смирна, выиграли от присутствия французских консулов [10]. И наконец, третий период – английское Средиземноморье в XVIII и XIX веках. В XVIII веке Англия, Голландия и другие торговые страны стремились обеспечить мир и стабильность в Средиземноморье исключительно ради торговли. Англичане захватили ключевые пункты Гибралтар и Менорка, и в XIX веке Средиземное море оказалось уже под их (английским) контролем [11].

Таким образом, Средиземноморье пережило изменения, связанные с интересами разных империй и наций, но в конечном итоге стало эпицентром колониальных зон влияния, отражая новую эпоху.

**Заключение.** Со второй половины XX века портовые территории, расположенные вблизи городских центров, претерпели заметные преобразования ландшафтов. Влияние технологического прогресса, развитие морского, воздушного и автомобильного транспорта и в более общем плане глобальная экономическая реструктуризация вкупе привели к тому, что портовые города постепенно оказались в запустении. Таким образом, крупные древние порты, которые до индустриальной эпохи были многолюдным и оживленным пространством, тесно связанным с деятельностью города, вступили в период кризиса и дезорганизации, что привело к появлению портовых пустошей. Эти визуально непривлекательные пустоши также представляют собой настоящую травму идентичности для городских жителей. Все эти факторы свидетельствуют о том, что необходимы мероприятия по обновлению и модернизации портов, которые возникли в 1970-х годах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lefebvre, Des Noëttes R. De la Marine antique à la Marine moderne / Richard Lefebvre Des Noëttes. – Paris : Masson & Cie, 1935. – 67 p.
2. Гельфонд, А. Л. Архитектурные аспекты преобразования бывших портовых территорий / А. Л. Гельфонд. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 3. – С. 40–50.
3. L`Écotais, Y. Le vieux port. Tome 2 / Yann de L`Écotais. – Paris: Pocket, 2002. – 414 p.
4. Piano, R. Penser la ville heureuse / Renzo Piano. – Paris : Parenthèses, 2010. – 143 p. – ISBN 13: 978-2863642405.
5. Piano, R. La Désobéissance de l'architecte / Renzo Piano. – Paris : Arléa, 2009. – 200 p. – ISBN 9782869598492.
6. Rouge, J. Les institutions romaines / Jean Rouge. – Paris : Armand Colin, 1969. – 320 p.
7. Vitruve, P. M. De l'architecture / P. M. Vitruve. – Paris : Les Belles lettres, 1990. – 221 p.
8. Flavius, J. Les Antiquités juives / Josephe Flavius. – Paris : Cerf, 1992.
9. L`Écotais, Y. Le vieux port. Tome 1 / Yann de L`Écotais. – Paris : Pocket, 2001. – 414 p.
10. Roncayolo, M. La Ville aujourd'hui / Marcel Roncayolo. – Paris : POINTS, 2001. – 898 c.
11. Koolhaas, R. Études sur (ce qui s'appelait autrefois) la ville / Rem Koolhaas. – Paris : Payot, 2017. – 256 p. – ISBN-10 2228913774.

**TALEB Hafsa, postgraduate student of the chair of architectural design**

## THE TRANSFORMATIONS OF PORTS AND PORT CITIES FROM ANTIQUITY TO THE MODERN TIME

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (930) 210-72-11;
e-mail: hafsataleb98@gmail.com
*Key words*: port of antiquity, port architecture, history of the ports.

*This article provides information about the origin and development of ports and port cities in the Mediterranean region from Antiquity to the modern time. The article covers various aspects related to their classification, functions and structural features. The author also describes the current state of ports in the Mediterranean and identifies key problems in this area.*

REFERENCES

1. Lefebvre Des Noëttes R. De la Marine antique à la Marine modern [From the ancient Navy to the modern Navy] / Richard Lefebvre Des Noëttes. – Paris: Masson & Cie, 1935. – 67 p.
2. Gelfond A. L. Arkhitekturnye aspekty preobrazovaniya byvshikh portovykh territoriy [Architectural aspects of the transformation of former port areas] / Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]. – 2022. – №3. – P. 40-50.
3. L`Écotais Y. Le vieux port (tome 2) [The old port v.1] / Yann de L`Écotais. – Paris: Pocket, 2002. – 414 p.
4. Piano R. Penser la ville heureuse / Renzo Piano. – Paris: Parenthèses, 2010. – 143 p. – ISBN 13: 978-2863642405.
5. Piano R. La Désobéissance de l'architecte / Renzo Piano. – Paris: Arléa , 2009. – 200 p. – ISBN 9782869598492.
6. Rouge J. Les institutions romaines [Roman institutions] / Jean Rouge. – Paris: Armand Colin, 1969. – 320 p.
7. Vitruve Pollio Marcus . De l'architecture. – Paris : Les Belles lettres, 1990. – 221 p.
8. Flavius J. Les Antiquités juives. – Paris: Cerf, 1992.
9. L`Écotais Y. Le vieux port. Tome 1. – Paris: Pocket, 2001. – 414 p.
10. Roncayolo M. La Ville aujourd'hui. – Paris: POINTS, 2001. – 898 p.
11. Koolhaas R. Études sur (ce qui s'appelait autrefois) la ville. – Paris: Payot, 2017. – 256 p. – ISBN-10 2228913774.

**© TALEB Hafsa, 2024**
Получено: 15.01.2024 г.

**УДК 72:627.2**

**ХАФСА Талеб, аспирант кафедры архитектурного проектирования**

# ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОРТА САН-ФРАНЦИСКО

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: +7 (930) 210-72-11;
эл. почта: hafsataleb98@gmail.com
*Ключевые слова:* Порт Сан-Франциско, принципы, модернизация, исследование.

*Анализируются принципы модернизации порта Сан-Франциско, проходившей в 70-х годах XX века и в 2000-х годах. Автор исследует два разных подхода к перепрофилированию порта, а также рассматривает влияние данного процесса на прибрежную зону в частности и на облик города в целом.*

Решение о возрождении заброшенных портовых районов и сохранении культурного наследия представляет собой результат взвешенного выбора. В то время как некоторые портовые районы все еще остаются незадействованными, забытыми или даже подвергаются уничтожению, другие имеют возможность изменить свое предназначение и способствовать изменению прибрежных территорий с учетом современных потребностей [1, с. 3].

Сан-Франциско предпринял это решительное действие еще в 1970-х годах (рис. 1 и 2 цв. вклейки), когда городские и портовые власти определили возможные назначения старой прибрежной зоны. Таким образом, бывшая индустриальная набережная (рис. 3 цв. вклейки) превратилась в место для отдыха и развлечений [2]. Сан-Франциско стал пионером в проведении этих реконструкционных операций и за 25 лет пережил две значительные трансформации (рис. 4 и 5 цв. вклейки). Первые попытки изменения предназначения заброшенных причалов привели к принятию американской модели фестивальных рынков. В течение 1970-х годов был разработан проект туристического и коммерческого развития (рис. 6 цв. вклейки), вдохновленный подобными проектами в Бостоне (рис. 7 цв. вклейки) и Балтиморе (рис. 8 цв. вклейки). Позже этот проект был несколько раз использован на международном уровне и реализован в районе Рыбацкой пристани (рис. 9 цв. вклейки). Впоследствии, в 2000-х годах, акцент был перенесен на сохранение аутентичности места, улучшение морского и портового наследия, а также восстановление обширных общественных пространств (рис. 10 цв. вклейки). Успешная реализация проектов по реконструкции порта способствовала развитию учебных программ по восстановлению в области паромного строительства.

Интерес к модернизации порта в Сан-Франциско обусловлен двумя ключевыми факторами. Во-первых, обновление данной прибрежной зоны было действительно успешно осуществлено [2], в отличие от ситуации с прибрежными зонами некоторых других международных портов, таких как Токио (рис. 11 цв. вклейки), Лондон (рис. 12 цв. вклейки) и Нью-Йорк (рис. 13 цв. вклейки), где в большей степени действовали законы рынка, определяющие ход большинства реконструкционных операций [3]. Джей Рубин (Rubin J. A.) [2] подчеркивает

**К СТАТЬЕ ХАФСА ТАЛЕБ**
**«ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОРТА САН-ФРАНЦИСКО»**

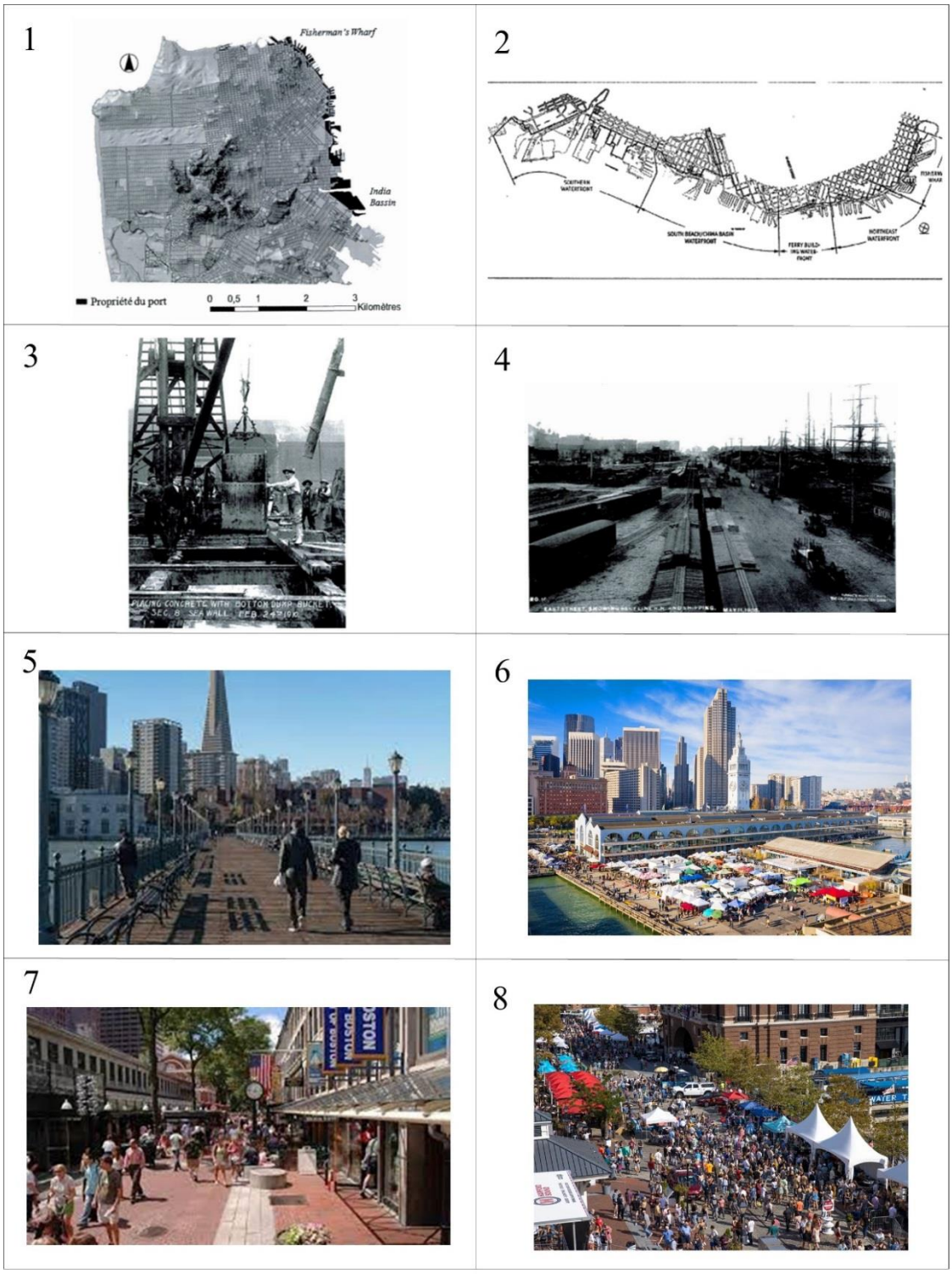



Рис. 1 – очертание набережной Сан-Франциско; рис. 2 – портовое подразделение Сан-Франциско; рис. 3 – развитие железнодорожных линий; рис. 4 – порт Сан-Франциско до модернизации; рис. 5 – порт Сан-Франциско после модернизации; рис. 6 – фестиваль “Market place” Сан-Франциско; рис. 7 – фестиваль “Market place” Бостон ; рис. 8 – фестиваль “Market place” Балтимор

Рис. 9 – фестиваль “Market place” *в Fisherman's Wharf*; рис. 10 – переоценка площади Жирарделли; рис. 11 – порт Токио; рис. 12 – порт Лондона; рис. 13 – порт Нью-Йорка; рис. 14 – анкоридж-сквер; рис. 15 – *Believe it or Not!* Музей; рис. 16 – *National Maritime* Музей

следующее (далее текст приведен в переводе с англ. языка): Трансформация городской набережной Сан-Франциско [...] шла медленнее и привела к несколько иной морфологии. В настоящее время в порту нет офисных башен, жилье построено только в двух местах, гостиницы отсутствуют. [...]. Напротив, набережная характеризуется скромными масштабами застройки, изобилует открытым пространством и общественно ориентированным использованием, а также уделяет особое внимание общественному доступу и передвижению «вдоль набережной» [3, с. 16–17] (рис. 14 цв. вклейки).

Вторая причина, по которой этот случай вызывает интерес, заключается в наличии двух различных подходов к реконструкции, разработанных в разные периоды времени. Эти две модели, о которых шла речь выше, были продиктованы разными практиками планирования и разработаны в контексте различных философий и стратегий. Внешний вид набережной, как утверждает Грас [4], становится результатом анализа двух проектов, которые развиваются на основе двух разных парадигм. Это позволяет нам наблюдать за эволюцией подходов к восстановлению городского пространства. В данном случае его открытость способствовала созданию набережной, доступной для широкой аудитории. Кроме того, направленные на восстановление береговых районов проекты также предоставляли возможность жителям вернуться к этим территориям как физически, так и символически. При этом необходимо отметить, что усовершенствование портовых зданий и их переоценка не являются новыми практиками и имеют довольно долгую историю [5]. Так, первые попытки реконструкции портовых территорий начались в США в 1960-х годах. Результаты исследований, включая работы Холла [6], Норклиффа и коллег [7], Гибанда [8], Гравари-Барбас [9] и Колина [3], показывают, что первые модели реконструкции набережных, такие как «фестивальный рынок или торговая площадь», устарели и привели к стандартизации видения морской культуры. Изначально эти операции были предназначены для выделения портовых городов и укрепления их морской идентичности на мировой арене. Однако, когда эти операции были повторены в разных городах по одному и тому же шаблону, это привело к гомогенизации форм и функций реконструированных портовых секторов, и они потеряли свою уникальность [10]. Норклифф и соавторы [7] подчеркивают, что «поиск индивидуальности и разнообразия в конечном итоге привел к стандартизации». Вермеерш добавлял: «Модель фестивальной рыночной площади, изначально привлекавшая людей своей новизной, превратилась в скучный шаблон после того, как ее снова и снова копировали; она больше не извлекает выгоду из своего уникального характера или делает это крайне редко. Возможно, это еще одно доказательство того, что простое повторение концепции, особенно в городских пространствах, не имеет должного эффекта» [10, с. 77].

Клод Шале разработал процесс под названием TDR – До промышленной революции порт и город были переплетены, и между ними существует связь, называемая «территориализация», после того как во время промышленной революции город и порт пережили разделение по железнодорожным маршрутам и автомагистралям, это называется «детерриториализация», а после, в 1980 году, архитекторы захотели согласовать связи между городом и портом и это называли «ретерриториализация» [11]. В связи с этим мы задаемся вопросом, в какой степени упомянутые проекты по переоценке набережной в порту Сан-Франциско позволили говорить о начале процесса ретерриториализации? Мы предполагаем,

что процесс переоценки или ревалоризации городской набережной привел к появлению различных форм городской планировки, и эти формы не обладали одинаковым потенциалом для ретерриториализации. Мы считаем, что множество факторов оказало влияние на процесс переквалификации береговой линии, что, в свою очередь, повлияло на разнообразные способы использования и интерпретации пространств, прошедших реконструкцию. Мы также полагаем, что экономические, социальные, культурные и политические контексты, само местоположение проектов и их соответствие планировке города, характерной для определенного времени, оказали влияние на принципы планирования и цели каждого упомянутого проекта, а, следовательно, и на то, как они реализованы и воспринимаются в настоящее время. Кроме того, мы считаем важным поместить портовую территорию в контексте всего горда, чтобы понимать и анализировать ее потенциал для ретерриториализации. Факторы, лежащие в основе этого потенциала, также формируют некоторые предпосылки, исходя из которых можно делать выводы о перспективах развития бывшей портовой территории.

**Заключение.** Основная гипотеза исследования опирается на два главных утверждения. Во-первых, территория порта, благодаря своей уникальной географической и исторической специфике, формирует конкретное окружение, которое, в свою очередь, влияет на формирование и модификацию практик и представлений, связанных с этой территорией [12]. Таким образом, она сама по себе служит объясняющим и определяющим возможные изменения фактором. Однако изучаемая территория имеет двойственный характер в качестве места. Фактически, два проекта реконструкции представляют собой независимые пространственно-временные сущности, которые создают разные эффекты восприятия городского пространства.

Основная гипотеза также предполагает, что культура играет роль «производителя атмосферы, связанной, среди прочего, с методами использования и повседневной практикой» [13, с. 47], и это является определяющим фактором для формирования способов присвоения портовой территории. Реконструированные порты представляют собой культурные объекты, а связанные с ними операции являются культурными ценностями (рис. 15 и 16 цв. вклейки), что влечет за собой культурный эффект. Таким образом, представление о набережной и ее функциях неизбежно будет развиваться в соответствии с видением портового пространства в текущем времени [14]. В этой связи первый проект реконструкции города, разработанный в соответствии с культурой городской застройки 1960–1970-х годов, гипотетически уже не соответствует проблемам и целям планирования 2000-х годов. В этом контексте мы предполагаем наличие культурного разрыва между двумя фазами переоценки, который влияет на динамику присвоения этих территорий. Таким образом, описанная ситуация с двумя этапами трансформации порта в Сан-Франциско имеет важное значение для понимания реализации и текущего использования общественного пространства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Péron F., Marie G. Patrimoine maritime du Finistère / Françoise Péron et Guillaume Marie // Géographie et cultures. – 2010. – URL: https://doi.org/10.4000/gc.973.

2. Rubin J. A Negotiated Landscape: The Transformation of San Francisco's Waterfront Since 1950 / Jasper Rubin. – University of Chicago Press, 2011.

3. Collin M. Nouvelles urbanités des friches / Michelle Collin // Multitudes Review. – 2001. – P. 148–155.
4. Gras P. Le Temps des ports: (Déclin et renaissance des villes portuaires (1940-2010)) / Pierre Gras. – France: Tallandier, 2010.
5. Гельфонд А. Л. Архитектурные аспекты преобразования бывших портовых территорий / Анна Лазаревна Гельфонд // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 3. – С. 40–50.
6. Hall P. Villes de demain : Une histoire intellectuelle de l'urbanisme et du design au XXe siècle / Peter Hall. – New York: Wiley, 2010.
7. Norcliffe & al. The emergence of postmodemism on the urban waterfront : geographical perspectives on changing relationships // Journal of Transport Geography. – 1996. – P. 123–134.
8. Giband D. Les paysages du front d' eau à Philadelphie : du passéisme au post-modernisme / David Giband // Revue de géographie de Lyon. – 1998. – P. 321–330.
9. Gravari-Barbas M. Le "Festival Market Place" ou le tourisme sur le front d'eau / Maria Gravari-Barbas // Norois, Villes et tourisme. – 2004. – P. 178, 261–278.
10. Vermeersch L. La ville américaine et ses paysages portuaires, entre fonction et symbole / Lanrent Vermeersch. – France: L'Harmattan, 1998.
11. Chalin C. Ces ports qui créèrent des villes / Claud Chalin. – Paris: Editions L'Harmattan, 1985.
12. L`Écotais Y. Le vieux port (tome 1 ) / Yann de L`Écotais. – Paris: Pocket, 2001.
13. Bédard M. Méthodologie et méthodes de la recherche en géographie / Michael Bédard // Revue de géographie et aménagement. – 2011. – URL: https://doi.org/10.4000/tem.2652.
14. L`Écotais Y. Le vieux port (tome 2 ) / Yann de L`Écotais. – Paris: Pocket, 2002.

**TALEB Hafsa , postgraduate student of the Department of Architectural Design**

## PRINCIPLES FOR MODERNIZING THE PORT OF SAN FRANCISCO

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.
65, Il'inskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel: +7 (930) 210-72-11; e-mail: hafsataleb98@gmail.com
*Key words:* port of antiquity, old port, port architecture, history of the ports

*This article analyzes the principles of modernization of the port of San Francisco, which took place in the 70s of the 20th century and in the 2000s. The author explores two different approaches to port requalification, and also considers the impact of this process on the coastal zone in particular and on the appearance of the city in general.*

REFERENCES

1. Péron F., Marie G. Patrimoine maritime du Finistère [Maritime heritage of Finistère] / Françoise Péron et Guillaume Marie // Géographie et cultures. – 2010. – URL: https://doi.org/10.4000/gc.973.
2. Rubin J. A. Negotiated Landscape: The Transformation of San Francisco's Waterfront Since 1950 / Jasper Rubin. – University of Chicago Press, 2011.
3. Collin M. Nouvelles urbanités des friches / Michelle Collin // Multitudes Review. – 2001. – P.148–155.
4. Gras P. Le Temps des ports: (Déclin et renaissance des villes portuaires (1940–2010)) / Pierre Gras. – France: Tallandier, 2010.

5. Gelfond A.L. Arhitekturni aspekti preobrazovania bivchikh portovikh territorie [Architectural aspects of the transformation of former port areas]/ A.L. Gelfond // Academia. Arhitektura & stroitellstvo [Architecture and construction]. – 2022. – № 3. – P. 40–50.

6. Hall P. Cities of tomorrow: An intellectual history of urban planning and design in the 20th century / Peter Hall. – New York: Wiley, 2010.

7. Norcliffe & al. The emergence of postmodemism on the urban waterfront : geographical perspectives on changing relationships // Journal of Transport Geography. – 1996. – P.123–134.

8. Giband D. Les paysages du front d' eau à Philadelphie : du passéisme au post-modernisme / David Giband // Revue de géographie de Lyon. – 1998. – P. 321–330.

9. Gravari-Barbas M. Le "Festival Market Place" ou le tourisme sur le front d'eau / Maria Gravari-Barbas // Norois, Villes et tourisme. – 2004. – P. 178, 261–278.

10. Vermeersch L. La ville américaine et ses paysages portuaires, entre fonction et symbole / Lanrent Vermeersch. – France: L'Harmattan, 1998.

11. Chalin C. Ces ports qui créèrent des villes / Claud Chalin. – Paris: Editions L'Harmattan, 1985.

12. L`Écotais Y. Le vieux port (tome 1 ) [The old port V.1] / Yann de L`Écotais. – Paris: Pocket, 2001.

13. Bédard M. Méthodologie et méthodes de la recherche en géographie [Methodology and methods of research in geography] / Michael Bédard // Revue de géographie et aménagement. – 2011. – URL: https://doi.org/10.4000/tem.2652.

14. L`Écotais Y. Le vieux port (tome 2 ) [The old port V.2] / Yann de L`Écotais. – Paris: Pocket, 2002.

**© TALEB Hafsa, 2024**
Получено:15.01.2023 г.

**УДК 72.01**

**А. А. ЯКОВЛЕВ, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования; А. В. ЗАХАРЧУК, соискатель ученой степени канд. архитектуры кафедры архитектурного проектирования**

# ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕИ ПРИРОДНОГО АНАЛОГА (ИПА) В ПРОЕКТАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И КОМПЛЕКСОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-33; эл. почта: oootma@inbox.ru; angelazaharchuk@gmail.com
*Ключевые слова:* методы комплексного планирования и реорганизации, принципы формообразования, архитектурные концепции, идея природного аналога (ИПА) в архитектуре.

*Определены принципы реализации идеи природного аналога (ИПА), применимые в проектах реконструкции, реновации и реорганизации архитектурных и градостроительных объектов, приведены примеры.*

**Введение.** Методы реконструкции, основанные на концепции устойчивого развития, рассматривались ранее с точки зрения «средового похода», включая «скрытую» реконструкцию, инклюзивный метод, «включающий» и контекстуальный метод, базирующийся на идеи неинвазивного обновления окружающей среды (слияние, адаптация, контекст, контраст, масштаб), с сохранением исторически сложившейся идентичности (Иконников, Гутнов); идеи гуманизма в организации и реорганизации среды в планировании городов отражены в работах А. Г. Рапопорта, А. Аалто).

На современном этапе набирает популярность концепция регенеративной архитектуры Дж. Т. Лайла (1976) – это инновационный шаг в устойчивом развитии, основанный на развитии практики восстановления и обновления энергетических источников и материалов путем вовлечения природного мира в качестве строительных единиц, как наиболее прогрессивный целостный подход с учетом экологических, экономических, социальных и институциональных проблем, с целью достижения долгосрочного результата в проектно-строительной сфере при возведении зданий и создании инфраструктуры [1, 2].

Анализируя результаты проектной практики в области реконструкции жилых массивов, ключевыми критериями являются параметры устойчивости, среди которых сохранение природного, экономического и социального баланса, улучшение качества старых жилых объектов и обновление городов за счет планирования устойчивого землепользования, строительства, системы управления и технического обслуживания на основных уровнях: макроуровне (развитие объектов инфраструктуры, преобразование жилых районов с адаптивной социальной функцией внутреннего взаимодействия людей); микроуровне (развитие системы обратной связи о потребности жителей жилых районов); социальном и проектном уровнях, с учетом традиционного и исторического

**К СТАТЬЕ А. А. ЯКОВЛЕВА, А. В. ЗАХАРЧУК**
**«ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕИ ПРИРОДНОГО АНАЛОГА (ИПА) В ПРОЕКТАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И КОМПЛЕКСОВ»**

А) Kunwon Architects & Engineers
Альфа-купол Сити, МФК Пангё.
Регенерация районной застройки
https://www.kunwon.com

Б) NIKKEN SEKKEI. Проект городской реконструкции в районе Умэкита.
Осака. Япония. 2018-2027
https://www.nikken.co.jp/ja/

В) NIKKEN SEKKEI. План реконструкции территории вокруг Северного железнодорожного вокзала Чэнду/Сычуань,
Китай/2018
https://www.nikken.co.jp/ja/

Г) Я.Усов. Проект реновации благоустройства ЖК Самоцветы,
Ижевск, Россия, 2018
http://www.architime.ru

Д) Open Architects. реконструкции аэропорта Лонхуа в галерею искусства и культуры в Шанхае. Китай.
http://www.architime.ru

Е) K.Kum&acc. Проект реорганизации промздания в культурный центр в Португалии.
http://www.architime.ru

Рис. 1. Примеры реализации ИПА в проектах реконструкции

А) CF Møller Architects
Железнодорожный вокзал Гамбург-Альтона, Гамбург
https://www.cfmoller.com

Б) Progetto CMR. Проект реконструкции промзоны, территории завода в Зелено-Полифункциональный район. Тревильо. Италия
www.progettocmr.com/e

В) RSP Architects. Проект консервации, реставрации и сохранения исторического района вдоль реки набережной Кларка. Сингапур. 1993.
http://www.rsp.com.sg/home

Г) H+B. Реконструкция моста в Сиетле, США.2020
https://bharchitects.com/en

Д) A.Faoro, S.Boeri, План реконструкции Тираны истоической албанской территории, модель полицентрического мегаполиса. Нидерланды. 2014-2017
Источник: Издание «ЛЕТАБУРЕ».2018

Е) dRMMA. Концепция реорганизации электростанции в многофункциональный жилой кластер Faraday House.
Источник: Издание «ЛЕТАБУРЕ».2018

Рис. 2. Примеры реализация ИПА в проектах реконструкции

контекста, используя неинвазивные методы регенерации устаревших объектов, минуя радикальные меры в устойчивом обновлении городов и территорий [3].

По данным исследований, основными тенденциями в реконструкции исторических зданий отмечены: городское планирование, офисные объекты, замена материалов, создание виртуальной среды и устойчивое развитие.

При реконструкции территорий широко применимы методы технологической оценки определения решений, критериями которой служат: социальные особенности проживания, анализ территории и инфраструктуры, определение принципов устойчивого развития (включая потребление воды и энергии, системы управления ресурсами, транспортная сеть, пешеходные сообщения и др.) [3].

**Способы реализации ИПА в проектах реконструкции**

При изучении способов реализации идеи природного налога (ИПА) в творческих концепциях архитекторов были определены подходы, нацеленные на решение современных актуальных задач в проектах реконструкции архитектурных и градостроительных объектов, которые объединены в три основные группы: *принципы идейного формообразования, функционально-ориентированные принципы и принципы природного процесса.*

С учетом выявленных природных интерпретаций и аналогий в творческих концепциях архитекторов принципы идейного формообразования следует рассматривать в композиционном и идеологическом аспектах (см. рис. 1, 2 цв. вклейки).

*К первой группе относятся принципы формообразования,* основанные на базовых принципах органической архитектуры и архитектурной бионики, которые функционально применимы:

– в проектах расширения, реорганизации, реструктуризации существующих объектов общественного назначения, а именно: замена конструкций на устойчивые элементы (при реконструкции большепролетных сооружений замена гибкими и трансформируемыми системами, оболочками; замена облицовочных материалов и фасадной отделки жилых и общественных зданий на экологичные по цвету и составу; интерьерное содержание и наполнение);

– в создании новых проектов развития системной реорганизации нескольких объектов и комплексов городского, районного (межгородского и межрайоного) значения, включая проектирование объектов инфраструктуры, промышленности, торговли.

*Функционально-ориентированные принципы реализации ИПА второй группы применимы путем функционально-пространственных и функционально-идеологических решений* в зависимости от первостепенной поставленной проектной задачи, то есть:

– *во-первых,* выявление и определение функционально-пространственных особенностей проектируемого объекта в комплексе, включая анализ окружения (тип застройки, характер природной территории; тип среды: водная, прибрежная территория, рельефная местность (горы, ландшафт); природно-климатические факторы и особенности (местность, регион, климат);

– *во-вторых,* определение функционально-идеологических принципов, с учетом междисциплинарных задач целевого, стратегического, межотраслевого значения, как правило, нацеленных на реализацию программ экономического, социального, культурного и экологического развития и сохранения национальной

идентичности в проектах реконструкции архитектурных и градостроительных объектов, территорий и комплексов: путем внедрения (или интеграции) новых устойчивых единиц в конструктивном, архитектурном, объемно-планировочном решениях и генеральном планировании с целью расширения, сохранения, регенерации объектов, районов, микрорайонов, комплексов; в решении экологических задач (замена материалов и конструкций, возведение зданий и комплексов с экологически развитой инфраструктурой и созданием новых городских (районных) связей; в реализации социально-значимых проектов при поддержки системы здравоохранения, образования, развития туристических зон и объектов (включая создание новых, и реконструкцию существующих объектов, фрагментов объектов устойчивого развития).

*Принципы природного процесса,* нацеленные на создание естественно-природных единиц и природно-технологических систем в проектировании архитектурных, градостроительных объектов и комплексов, включая: создание «зеленых единиц» (системы зеленых насаждений в архитектурном и объемно-планировочном решении (интерьеры общественных пространств); фасадное озеленение в проектах по реконструкции образовательных и медицинских учреждений и комплексов в решении экологических и экономических задач; в проектах реконструкции торговых, зрелищных сооружений, с учетом новых социальных задач (вертикальные сады, заполнение атриумных пространств, озеленение фасадов, деталей, фрагментов, стеновых и кровельных конструкций; проектирование динамических (кинетических) конструктивных решений, основанных на природных процессах; комплексное планирование технологического обеспечения объектов проектирования, включая альтернативные источники энергии, оценку и интегрирование систем очистки и фильтрации воды и воздуха, контроль отходов, системы защиты здоровья и безопасности населения, в реализации концепции устойчивого развития объектов и поселений.

*В градостроительных концепциях* реализуется комплексный подход, нацеленный на осуществление регенерации и качественного преобразования исторически значимых архитектурных и градостроительных объектов, имеющих традиционный облик и обеспечение устойчивого развития объектов культурного наследия [2, 4], включая:

– планирование и функциональная реорганизация территорий и комплексов архитектурных объектов, восстановление и преобразование объектов с сохранением основной функции здания, адаптация объектов к современным требованиям, городская регенерация и модернизация устаревшей жилищной застройки и связанных с ней городских единиц с целью устойчивого роста;

– преобразование исторически значимых микрорайонов (районов) города, с сохранением и восстановлением объектов архитектурного наследия, уникальных построек в районах города, посредством размещения объектов или группы объектов нового назначения: жилого или общественного, с учетом экологического подхода в проектировании; реорганизация и преобразование жилых районов, с целью решения функциональных, структурных и масштабных проблем населенных пунктов, а также в целях повышения безопасности жителей (улучшение социального микроклимата внутри района и взаимодействие сообщества, за счет ликвидации отдельных элементов и развития благоустройства территории (покрытий, материалов, освещения); реформирование архитектуры

(обновление традиционных обликов архитектурных объектов в структуре района города или его части); реорганизация открытых пространств, улучшение взаимодействия с окружающим городским сообществом; проекты реновации внутридворовых территорий жилых объектов (увеличение площади озеленения, создание дополнительных покрытий, создание естественного природного ландшафта в геометрической системе застройки) и жилых комплексов (см. рис. 2 цв. влейки);

– устойчивое развитие районов и микрорайонов города, создание «зеленых» районов (единиц) в структуре существующего поселения, сохранение и укрепление «зеленых границ» участков, сохранение свойств природного окружения, озеленение с учетом существующего окружения; реализация модели создания системы полицентричного мегаполиса, в системе объединения мелких поселений «зеленым» поясом («орбитальный лес», с целью сохранения природных массивов.

**Примеры реализация ИПА в проектах реконструкции зданий и комплексов**

Реорганизация административных, офисных высотных зданий включает в себя: реконструкцию интерьерных пространств (замена материалов, создание конструктивных решений, озеленение, технологическое обеспечение (создание медиа-пространств и площадей с интерактивной иллюзией природных видов, звуков, ландшафтов); моделирование системы искусственного и естественного освещения рабочих и общественных пространств; создание прямых связей с внешним городским ландшафтом за счет террас, внутренних дворов, открытых помещений; внедрение устойчивых систем, используя идею динамичного сочетания природной красоты и технологических инноваций в социальном значении.

При реконструкции торговых, зрелищных сооружений, имеющих значение в социокультурном, туристическом развитии субъекта, расширение планировочной структуры, замена архитектурного облика (оболочки, конструкции), устройство внутренних дворов и открытых пространств, озеленение интерьерных и фасадных решений, развитие природной инфраструктуры и благоустройства (проект СТ расширения торгового комплекса *ADO*, Великобритания.

В проектах реорганизация промышленных объектов и комплексов применимы два основных направления: сохранение функции промышленного объекта, оживление и модернизация; второе направление – реновация объекта в связи с утратой функциональной значимости объекта (концепция реорганизации электростанции в многофункциональный жилой кластер *Faraday House, dRMMA* с сохранением архитектурной идентичности, Лондон, Англия; реорганизация терминала аэропорта Дж. Кеннеди под здание отеля с использованием природных материалов в отделке помещений *LCArchitects* Нью-Йорк, США, 2019); замена большепролетной конструкции оболочкой при реорганизации промздания в культурный центр в Португалии, *К.Кум&асс*; в проекте реконструкции аэропорта Лонхуа в галерею искусства и культуры в Шанхае путем объединения промышленных контейнеров оригинальным решением ландшафтной организации и слияния с природой (*Open Arch*) (см. рис. 1*д,е*, рис. 2*е* цв. вклейки).

Таким образом, принципы реализации ИПА применимы не только в проектировании новых объектов и комплексов, но и в сложных проектных решениях реконструкции и замене отдельных элементов архитектурных объектов

(конструкции, детали), в решении комплексных задач реорганизации и развития городских территорий, обладающих сложной исторической, климатической и национальной, а также структурной идентичностью (инфраструктура, климат, ландшафт).

Выявление способов реализации ИПА в проектах реконструкции позволило выделить основные направления в проектной деятельности, с учетом природной формы, функции и процесса, включая комплексный подход в организации и реорганизации архитектурных объектов и градостроительных комплексов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Татарченко, А. В. Средовой подход в архитектуре : от теории к реализации / А. В. Татарченко. – Текст : электронный // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 9. – С. 115–119. – URL: https//top-technologies.ru/ru/article/ (дата обращения: 13.08.2023).
2. Шеина, С. Г. Устойчивое развитие городов. Комплексный подход к преобразованию городской среды / С. Г. Шеина, А. С. Стародубцева. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2. – URL: https//cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe-razvitie-gorodov-kompleksnyy-podhod-k-preobrazovaniyu-gorodskoy-sredy (дата обращения: 08.10.2023).
3. Li, M. Research on the reconstruction design of old buildings under the sustainable concept / M. Li. // J.Residential and Real Estate. – 2019. – № 28. – 91 p
4. Яковлев, А. А. Основные методы реализации идеи природного аналога на основе комплексного подхода в проектировании / А. А. Яковлев, А. В. Захарчук. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 2. – С. 142–146.

**YAKOVLEV Andrey Aleksandrovich, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design; ZAKHARCHUK Anzhela Vladimirovna, applicant for candidate of architecture of the chair of design of architectural environment**

## PRINCIPLES FOR IMPLEMENTING THE IDEA OF A NATURAL ANALOGUE IN PROJECTS OF RECONSTRUCTION OF BUILDINGS AND COMPLEXES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel: +7 (831) 430-17-33;
e-mail: oootma@inbox.ru; angelazaharchuk@gmail.com
*Key words:* integrated planning and reorganization methods, formation principles, architectural concepts, the idea of a natural analogue in architecture.

*The article defines the principles for implementing the idea of a natural analogue in reconstruction design, renovation and reorganization of architectural and urban development objects; examples are provided.*

REFERENCES

1. Tatarchenko A. V. Sredovoy podkhod v arkhitekture: ot teorii k realizatsii [Environmental approach in architecture: from theory to implementation] / Sovremennye

naukoyomkie tekhnologii [Modern High Technologies]. – 2018. – № 9. – P. 115–119. URL: https//top-technologies.ru/ru/article/ (data obrashcheniya: 13.08.2023).

2. Sheina S. G, Starodubtseva A. S. Ustoychivoe razvitie gorodov. Kompleksny podkhod k preobrazovaniyu gorodskoy sredy [Sustainable urban development. An integrated approach to the transformation of the urban environment] / Inzhenerny vestnik Dona [Engineering bulletin of Don]. – 2017. – № 2. URL: https//cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe-razvitie-gorodov-kompleksnyy-podhod-k-preobrazovaniyu-gorodskoy-sredy (data obrashcheniya: 08.10.2023).

3. Li M. Research on the reconstruction design of old buildings under the sustainable concept. J.Residential and Real Estate. – 2019. – № 28. – 91 p.

4. Yakovlev A. A., Zakharchuk A. V. Osnovnye metody realizatsii idei prirodnogo analoga na osnove kompleksnogo podkhoda v proektirovanii [Main methods for implementing the idea of a natural analogue based on integrated approach in design] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. – № 2. – P. 142–146.

**© А. А. Яковлев, А. В. Захарчук, 2024**
Получено: 13.11.2023 г.

**УДК 727.1**

**Д. А. ПИРОГОВ, аспирант кафедры архитектурного проектирования**

# БЫСТРОВОЗВОДИМЫЕ ОБЪЕКТЫ ОБРАЗОВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: daniilspirogov@yandex.ru
*Ключевые слова:* быстровозводимая архитектура, объекты социальной инфраструктуры, беженцы, объекты образования, архитектура быстрого реагирования.

*Рассматриваются характерные примеры быстровозводимых объектов образования. Проводится анализ нескольких типов временных быстровозводимых школ и детских садов, выявляются преобладающие особенности каждого из них.*

Архитектура быстрого реагирования разнообразна, ее особенности напрямую зависят от конкретного места и от обстоятельств, в силу которых потребовалось ее создать. Климатический, градостроительный, экономический и социокультурный факторы, а также функциональный запрос комплексно формируют определенные категории объектов – типы, имеющие характерные объемно-пространственные, конструктивные и планировочные особенности [1]. Важно проследить не только различия и сходства объектов одной категории, но и эти категории выявить. В рамках статьи анализируются 5 быстровозводимых объектов образования, начиная от более простых и даже примитивных по своей пространственной организации объектов, до более сложных структур и комплексов. Каждый из объектов является характерным примером упомянутых выше категорий, предварительно выявленных в рамках исследования.

**Автономные школы-классы**

В регионах со сложной экономической ситуацией зачастую нет возможности построить полноценную школу, детский сад или творческую студию, где каждое помещение отвечало бы одной конкретной функции. Поэтому в последнее время распространился формат учебного заведения, которое меняет функцию эпизодически, в течение дня или недели, работая по принципу «школа – детский сад» или «начальная школа – средняя школа». При этом весь учебный процесс происходит в одном помещении. Чаще всего это зальное пространство, подразумевающее возможность возведения перегородок и создание нескольких маленьких комнат внутри одного объема. Среди характерных особенностей таких объектов – использование локальных материалов и сочетание современных принципов организации пространства с традиционными технологиями строительства.

В качестве характерного примера можно привести школу Ухии в Бангладеше авторства архитектурного бюро *URBANA* (рис. 1, рис. 2 цв. вклейки). Школа расположена в экономически нестабильном регионе. При проектировании таких объектов требуется сильная степень вовлечения жителей, работа с местным сообществом.

С градостроительной точки зрения можно отметить, что объект деликатно вписывается в сельскую застройку, формируя вокруг себя общественное пространство. Климат в регионе позволил архитекторам создать объект, слабо изолированный от внешней среды.

В цилиндрическом объеме имеются два уровня стен: между зальным пространством и внешней средой расположена периметральная обходная галерея, в которой находится лестница, ведущая на антресоль. Имеется возможность организации полузамкнутых пространств с помощью перегородок, также подразумевается эпизодическое чередование функции [2].

В качестве конструктивной системы выбран деревянный каркас, обшивка фасадов – реечный древесный материал, закрепленный в вертикальном направлении, с небольшим зазором между элементами.

**Структура из отдельностоящих классов павильонного типа**

В рамках данной статьи важно показать разные типы быстровозводимых объектов образования. Если рассматривать разобранные выше сооружения не как самостоятельные объекты, а как односложные модули-классы, то важно включить в исследование возможные вариации совмещения и комбинирования таких объемов.

Двигаясь поэтапно, от объектов с более простой пространственной организацией к сложным структурам, следует рассмотреть детский сад в Фудзи в Японии, авторства *Tezuka Architects* (рис. 3, рис. 4, рис. 5 цв. вклейки).

Детский сад расположен внутри квартала, среди малоэтажной застройки. В районе имеется развитый зеленый каркас, из-за малой этажности окружающей застройки теряется ощущение городской застройки, высота деревьев в окружающих кварталах превосходит высоту зданий. Основной природной пространственной доминантой для всего населенного пункта является гора Фудзи.

Вместо создания одного крупного объекта, изолированного от внешней среды, архитекторы решили стереть границы между зданием детского сада и средой вокруг, рассредоточив отдельные функциональные звенья по территории. Такое решение не отделяет здание от ландшафта, но делает объект его частью. Климатический фактор также не препятствует появлению такого приема – погода в значительную часть года допускает в коммуникации между помещениями чередование открытых и закрытых пространств.

Композиция представляет собой группу цилиндрических павильонов-комнат, различающихся по размеру. Важно отметить, что увеличение или уменьшение павильонов относительно друг друга происходит не только в плане или по высоте, но пропорционально по всем трем осям. Ядром полицентрической композиции является группа из трех более крупных павильонов.

Некоторые из объектов открыты и проницаемы, другие полностью изолированы витражами и глухими перегородками, замыкающими теплый контур.

Авторы концепции сравнивают комплекс объектов с группой одноклеточных организмов, так как каждый объект представляет собой одну комнату, не имея перегородок внутри. Круглая форма плана, с одной стороны, имеет ряд недостатков (например, сложность расположения меблировки), с другой – дает возможность использовать пространство универсально, менять функциональное назначение в зависимости от запроса. Также центрическая

**К СТАТЬЕ Д. А. ПИРОГОВА**
**«БЫСТРОВОЗВОДИМЫЕ ОБЪЕКТЫ ОБРАЗОВАНИЯ»**

Рис. 1. Школа Ухии, Бангладеш. Архитектурное бюро URBANA. Общий вид.

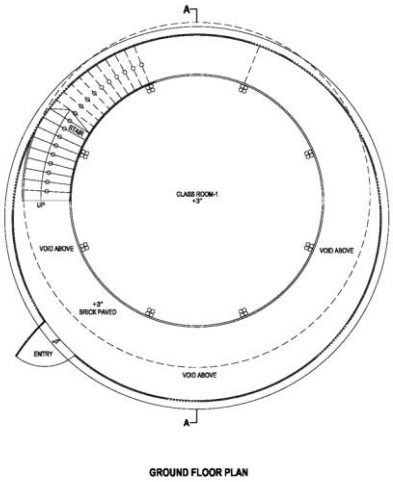



Рис. 2. Школа Ухии, Бангладеш. Архитектурное бюро URBANA. План.

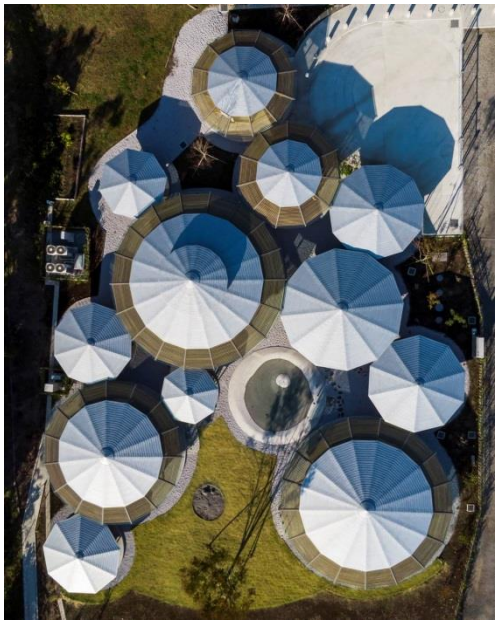


Рис.3. Детский сад, Фудзи, Япония, Tezuka architects, 2018 г. Общий вид.

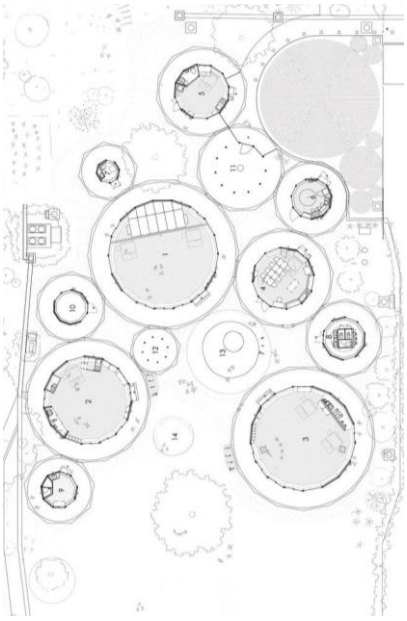


Рис. 4. Детский сад, Фудзи, Япония, Tezuka architects, 2018 г. План.

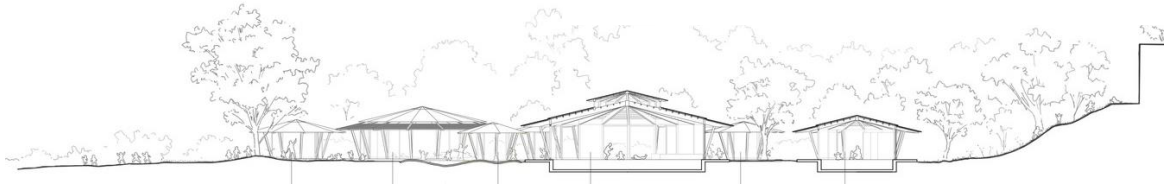


Рис. 5. Детский сад, Фудзи, Япония, Tezuka architects, 2018 г. Разрез.

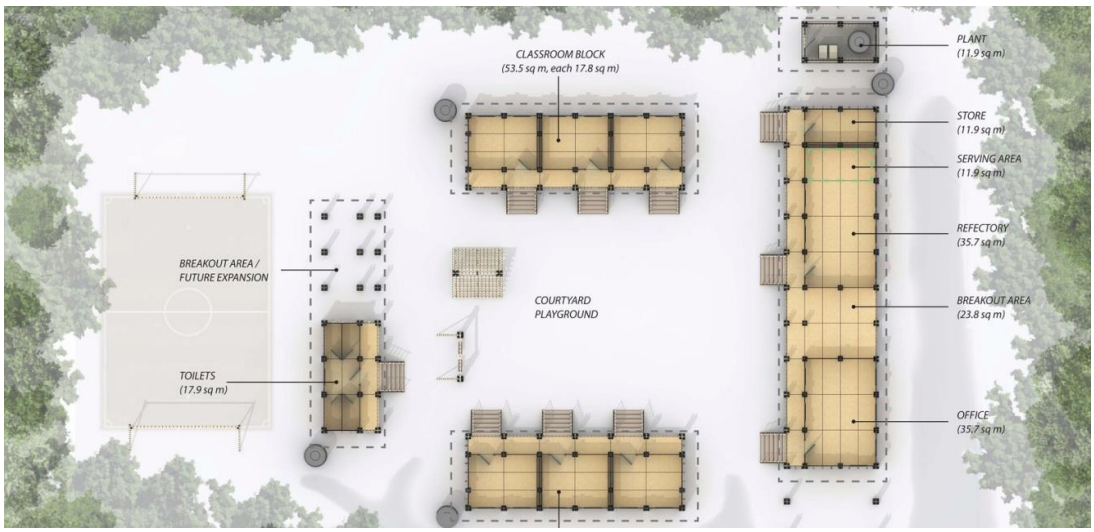



Рис.6. Школа для бирманских беженцев, Тайланд. Студия 2bw. План

Рис.7. Школа для бирманских беженцев, Тайланд. Студия 2bw. Фасад

Рис. 8. Блок обучения информационным технологиям. Архитектурное бюро «People's Architecture Office», 2020

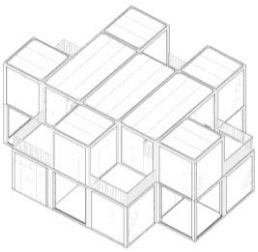


Рис. 9. Блок обучения информационным технологиям. Аксонометрия

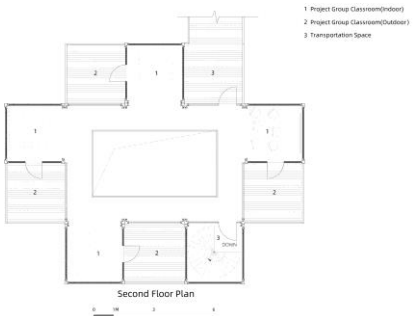



Рис. 10. Блок обучения информационным технологиям. План

композиция, вписанная в круг, создает психологически комфортное пространство, что имеет большое значение для детского сада.

Архитекторы применили круглую форму павильонов не только исходя из логики планировок отдельных помещений, но и из-за пространства между ними. Такое решение позволяет легче просматривать всю территорию детского сада, исключает появление темных, непросматриваемых зон, что повышает безопасность учреждения.

Стоит отметить, что такая планировка вносит разнообразие в сценарий использования, делает его нелинейным, позволяет выстраивать разные алгоритмы перемещения пользователей в течение дня.

**Блокированные комплексы**

Среди быстровозводимых объектов образования распространены каркасные сооружения, рассчитанные на полноценный функциональный сценарий, не разделенный по времени.

Характерным для этого типа объектом можно назвать школу для бирманских беженцев в Таиланде авторства студии “*2bw*” (рис. 6, рис. 7 цв. вклейки).

Объект расположен в сельской местности и окружен небольшим лесом. Комплекс школы состоит из пяти блоков, формирующих квартал с внутренним двором. Блоки идентичны друг другу по архитектурным решениям, композиции, планировкам, но отличаются размерами. Плоский рельеф позволяет создать внутренний двор, сформировать в нем открытое общественное пространство.

Каждый блок представляет собой одноэтажный призматический объем с односкатной крышей. В целях выразительности, а также для организации ленточного остекления и вентиляции через окна применяется прием, при котором объем крыши визуально «отрывают» от массы здания. Это выявляет тектонику здания, раскрывает для зрителя логику конструктивной схемы здания. Планировочная структура – галерейная. Вдоль галереи расположены классы, длина которых отличается друг от друга, но кратна шагу колонн. Климат позволяет устроить перемещение между классами (внутри галерей и между корпусами) в открытой среде.

Важно отметить социальный фактор – школа для детей беженцев сочетает в себе возможность для учебы, работы и отдыха. Это отражается в планировочной структуре (созданный для общих собраний, игр и открытых лекций внутренний двор), квартал полностью обособлен от внешних угроз и отвлекающих факторов.

**Адаптивные модульные структуры**

Также в сегодняшнее время распространены типовые проекты, в которых отсутствует привязка к конкретному градостроительному контексту, а также к заданному функциональному сценарию. Такие объекты подразумевают возможность адаптироваться, меняться под конкретный запрос [3].

В качестве примера можно выделить характерный для данного типа объект – школа по изучению информационных технологий. В случае изменения сценария использования может функционировать как общеобразовательная школа. Автор проекта – Архитектурное бюро “*People's Architecture Office*”. Первый объект по данному проекту реализован в городе Шэньчжэнь, Китай: после пилотного объекта подразумевается серийное производство.

Объект предназначен для потенциального размещения в следующем градостроительном контексте:

– отсутствует необходимость в капитальном строении, требуется временный и быстровозводимый объект (в развивающихся районах, в лагерях беженцев и ВНП);

– в «пустотах» в городской ткани, на месте пустующих строительных площадок, при необходимости образовательной функции в этом районе;

– в уплотненной городской застройке при отсутствии возможности строительства капитальной образовательной школы с собственной территорией.

Проект создан в Китае как апробация применения системы модульных трансформируемых школ в 2020 г. (рис. 8, рис. 9 цв. вклейки).

Объемно-пространственная композиция представляет собой развитую структуру, сочетающую в себе как заполненные объемные модули, так и кратные им по габаритам открытые террасы и переходы. Композиция развита по горизонтали, общая высота объекта – 2 этажа. Так как объект сформирован из равногабаритрных блоков, явно прослеживаются метрические закономерности [4].

Объект является характерным примером модульного строительства, что сильно влияет на его композиционные и архитектурно-художественные особенности. Эстетическая выразительность достигается минимальными средствами: цветовое решение, суперграфика на фасадах (навигационного назначения), намеренное выделение конструктивных элементов (например, металлические крепления, соединяющие блоки). Акцентными элементами являются ограждения с частыми вертикальными делениями, что придает общей композиции более утонченный вид.

Школа сформирована из гибких адаптивных пространств с возможностью изменения функции и планировки классов с помощью изменения меблировки и расположения временных перегородок. Также технология и планировка отдельных модулей позволяют в процессе эксплуатации объекта менять положение блоков, создавая новые комбинации под конкретный сценарий использования (рис. 10 цв. вклейки).

Для данного объекта применена объемно-блочная конструктивная система, готовые модули устанавливаются краном в проектное положение. Каждый модуль состоит из облегченного металлического каркаса. Облицовка поверхностей состоит из композитного листового материала. В качестве конструктивной системы объекта выбран объемно-блочный тип. Объемные модули предварительно были собраны на заводе, после чего привезены на площадку и установлены в проектное положение.

Все рассмотренные типы быстровозводимых объектов образования при интеграции в застройку городских районов, лагеря беженцев, бедные деревни и поселки городского типа встраиваются в каркас общественных зон или вовсе начинают его формирование [5].

Таким образом, можно выделить следующие градостроительные аспекты рассмотренных типов:

1. Автономные школы-классы по масштабу встраиваются в контекст сельского поселения, формируя вокруг себя зону культурного центра или вовсе находятся в природной среде, вне застройки.

2. Группы автономных модулей и блокированные корпуса заполняют собой квартал (здания располагаются периметрально или центрически), формируя

внутри градостроительной единицы собственные микро-пространства дворов и площадок.

3. Модульные структуры могут заполнять пустоты городской ткани или же надстраиваться на существующую застройку как «объекты-симбионты» или «объекты-паразиты» [6].

Климатический фактор при архитектурном формировании быстровозводимых объектах образования оказывает влияние на:

– планировочную организацию объектов (степень взаимосвязи внутреннего и внешнего, связь объекта со средой, степень «открытости» плана); в рассмотренных примерах горизонтальные коммуникации и переход между корпусами, модулями, блоками осуществляются через открытые, неизолированные зоны, что было бы невозможно в более холодных климатических зонах;

– развитость пространственной композиции: в рассмотренных примерах объекты представляют собой комплекс небольших объемов, рассредоточенных в городской или природной среде. В условиях более холодного климата применяется композиция компактного типа.

Этажность быстровозводимых объектов образования варьируется от 1 до 3 этажей. Применяется антресольный этаж.

Среди композиционных особенностей можно выделить наличие повторяющихся элементов (в случае с блокированными школами и модульными структурами). Объемы идентичны друг другу, одинаковы или кратны по габаритам, образуют метрические ряды. В случае с автономными школами-классами и группами автономных модулей можно охарактеризовать композицию объектов как центрическую, с уникальным выразительным силуэтом, в котором при фронтальном рассмотрении высота равна или преобладает над шириной.

Функционально-планировочный фактор:

– в автономных модулях – простота и универсальность зального пространства, возможность эпизодически менять функцию, создавать временные разграничения в пространстве;

– в группированных автономных модулях важной особенностью является нелинейность сценария использования, возможность менять функцию в каждом отдельном модуле и, как следствие, логику коммуникационных путей.

– в блокированных школах и детских садах – блоки классов, объединенных галереей или коридором;

– в модульных структурах – наличие универсальных идентичных друг другу планировочных ячеек, которые возможно менять местами, комбинировать, объединять, создавая нелинейный сценарий использования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдеенко, А. С. Социальная адаптация беженцев и вынужденных переселенцев к новой социальной среде / А. С. Авдеенко, Э. Ф. Ибрагимова, Е. В. Соболева. – Текст : непосредственный // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. – 2017. – Том 1, № 2 (17). – С. 46–48.

2. Санникова, Г. А. Особенности технологии строительства быстровозводимых зданий и сооружений / Г. А. Санникова. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2018. – № 4. – 54 с.

3. Адам, Ф. М. Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий : на примере фирмы «Бук» Германия : специальность 05.23.08 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Адам Франк-Михаэль ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2001. – 21 с. – Текст : непосредственный.

4. Талецкая, Ю. А. Применение системы функциональных блок-модулей в современных проектах детских досуговоразвлекательных центров / Ю. А. Талецкая // Урбанистика, 2019. – № 1. – С. 111–119. – DOI: 10.7256/2310-8673.2019.1.28821. – Текст : электронный.

5. Гельфонд, А. Л. Концепция формирования потенциальных пространственных каркасов исторических поселений / А. Л. Гельфонд // Academia. Архитектура и строительство. – 2019. – № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-formirovaniya-potentsialnyh-prostranstvennyh-karkasov-istoricheskih-poseleniy (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

6. Стратий, П. В. Паразитная архитектура / П. В. Стратий, Д. А. Глаголева, И. С. Антонов // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1. – 10 с. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/parazitnaya-arhitektura (дата обращения: 25.06.2023). – Текст : электронный.

**PIROGOV Daniil Aleksandrovich., postgraduate student of the chair of architectural design**

## PREFABRICATED EDUCATIONAL FACILITIES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: daniilspirogov@yandex.ru
*Key words:* prefabricated architecture, social infrastructure facilities, refugees, educational facilities, rapid response architecture.

*This article discusses typical examples of prefabricated educational facilities. A comprehensive analysis of several types of temporary prefabricated schools and kindergartens is carried out, and predominant features of each of them are identified.*

REFERENCES

1. Avdeenko A. S., Ibragimova E. F., Soboleva E. V. Sotsialnaya adaptatsiya bezhentsev i vynuzhdennykh pereselentsev k novoy sotsialnoy srede [Social adaptation of refugees and internally displaced persons to a new social environment] // Vestnik soveta molodyh uchyonyh i specialistov Chelyabinskoj oblasti [Bulletin of the Council of Young Scientists and Specialists of the Chelyabinsk Region]. 2017. Vol. 1, № 2 (17). P. 46-48.

2. Sannikova G. A. Osobennosti tekhnologii stroitelstva bystrovozvodimykh zdaniy i sooruzheniy [Features of the technology of construction of prefabricated buildings and structures] // Mezhdunarodny zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologiy «Integral» [International Journal of Applied Science and Technology Integral]. – 2018. – № 4. – 54 p.

3. Adam F. M. Sovershenstvovanie tekhnologii stroitelstva modulnykh bystrovozvodimykh maloetazhnykh zdaniy: na primere firmy “Buk”, Germaniya [Improvement of the construction technology of modular prefabricated low-rise buildings: by the example of Buk firm, Germany] : spetsialnost 05.23.08 : diss. … kand. tekhn. nauk. – Sankt-Peter. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Saint-Petersburg, 2001. – 21 p.

4. Taletskaya Yu. A. Primenenie sistemy funktsionalnykh blok-moduley v sovremennykh proektakh detskikh dosugovorazvlekatelnykh tsentrov [Application of the system of functional block modules in modern projects of children's leisure centers] // Urbanistika [Urbanistics], 2019. – № 1. – P. 111–119. – DOI: 10.7256/2310-8673.2019.1.28821.

5. Gelfond A. L. Kontseptsiya formirovaniya potentsialnykh prostranstvennykh karkasov istoricheskikh poseleniy [Concept of formation of potential spatial frameworks of historical settlements] // Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and Construction]. 2019. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-formirovaniya-potentsialnyh-prostranstvennyh-karkasov-istoricheskih-poseleniy (data obrashcheniya: 19.11.2023).

6. Stratiy P. V., Glagoleva D. A., Antonov I. S. Parazitnaya arkhitektura [Parasitic architecture] // Inzhenerny vestnik Dona [Engineering Journal of Don]. 2019. №1 (52), 10 p. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/parazitnaya-arhitektura (data obrashcheniya: 25.06.2023).

**© Д. А. Пирогов, 2024**
Получено: 15.01.2024 г.

# ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

**УДК 711.4.01**

**А. В. КРАШЕНИННИКОВ, чл.-корр. РААСН, д-р архитектуры, проф., директор; Е. А. КРЫЛАСОВА, аспирант кафедры градостроительства**

## ФЕНОМЕН СОЦИАЛЬНОЙ СПЛОЧЕННОСТИ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

НОЦ УРБАНИСТИКА МАРХИ
Россия, 107031, г. Москва, ГСП, ул. Рождественка, д. 11.
Тел.: +7 (916) 251-31-11, +7 (910) 890-21-56; эл. почта: ud-marhi@mail.ru, krylasova.ekaterina@ya.ru
*Ключевые слова*: социальная сплоченность, градостроительство, когнитивные модели макропространств, пространства сенсорной разгрузки.

*Рассмотрены сущность и содержание понятия «социальная сплоченность», описана ее роль в формировании градостроительных когнитивных моделей «макропространств» (по Крашенинникову А. В.). Отмечены работы и исследователи, которые изучали «социальную сплоченность», «социальный капитал», социальный фактор в градостроительстве. Предпринята попытка сформулировать теоретическую базу по основанию оптимальных когнитивных моделей, ориентированных на формирование социальной сплоченности. Предложена концепция создания пространств сенсорной разгрузки. Установлены три направления развития социальной сплоченности в городской среде.*

Социальная сплоченность[1] является одним из факторов стабильного, мирного и благополучного развития общества [1]. В контексте когнитивной урбанистики[2] и современной социологии, феномен социальной сплоченности характерен для «территориальных общностей»[3,4]. Изучение вопроса социальной

[1] Определение понятия «социальная сплоченность» дано далее по тексту.

[2] Когнитивная урбанистика (авт. Крашенинников А. В.) – это система научных знаний, которая интегрирует идеи из различных дисциплин, таких как социология, психология, география, культурология для использования в архитектуре, градостроительстве, дизайне. При помощи когнитивных моделей мы получаем инструмент анализа и моделирования городской среды [*Крашенинников, А. В.* Рецензия на монографию Крашенинникова Алексея Валентиновича «Когнитивная урбанистика: архетипы и прототипы городской среды» : научная статья / А. В. Крашенинников. – Текст: электронный // Architecture and Modern Information Technologies = Архитектура и современные информационные технологии : международный электронный сетевой научно-образовательный журнал. – Москва: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2021. – No1(54). – С. 15–20. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/1kvart21/PDF/002_BOOK%20REVIEW.pdf (дата обращения 04.01.2024 г.)].

[3] Территориальная общность (авт.) – это конгломерат людей, проживающих на определенной территории продолжительное время и связанных отношениями по ее освоению.

сплоченности позволит создать оптимальные градостроительные проекты поселений, обоснованные закономерностями «средового поведения», обобщенных в виде градостроительных «когнитивных моделей». Для достижения данной цели необходимо исследовать пространственную структуру макропространств, ориентированных на повышение социальной сплоченности. Попытка сформулировать теоретическую базу представлена в настоящей статье.

**Понятие социальной сплоченности**

Общество считается сплоченным, если оно работает на благо всех своих членов, не примеряется с отчуждением и явлениями маргинальности, формирует чувство принадлежности людей к социальной группе, повышает уровень доверия и создает условия для социальной мобильности [1]. В академической литературе существует множество толкований термина социальная сплоченность. Некоторые из них:

***Социальная сплоченность*** *– состояние дел, касающееся вертикального*[5] *и горизонтального*[6] *взаимодействия между членами общества; характеризуется набором установок и норм, которые включают доверие, чувство принадлежности, поведенческие проявления, готовность участвовать и помогать*[7]. Очевидно, что такие отношения можно установить только с ограниченной группой людей.

***Социальная сплоченность*** *– это степень доверия правительству в обществе и желание участвовать в достижении общего видения устойчивого мира и общих целей развития* [1]. Социальная сплоченность рассматривается через три аспекта: **социальную интеграцию, социальный капитал**[8]**, социальную мобильность** [1]. Для градостроительных исследований важно оценивать и прогнозировать взаимодействие жителей застроенных территорий, проектировать структурные единицы городской среды с заранее заданными положительными свойствами. Для этого важно определить пределы численности жителей для различных планировочных единиц городской территории.

---

[4] Крашенинников А. В. Градостроительное развитие жилой застройки : учеб. пособие / А. В. Крашенинников. – Текст : непосредственный // Москва: Архитектура-С, 2005. – 112 с.: ил. – ISBN 5-9647-0032-2.

[5] Вертикальное измерение социальной сплоченности описывает уровень доверия между государством и народом [1].

[6] Горизонтальное измерение социальной сплоченности описывает уровень доверия внутри общества [1].

[7] *Chan, J., Chan, E.* Reconsidering Social Cohesion: Developing a Definition and Analytic Framework for Empirical Research : scientific article / J. Chan, E. Chan. – Text : electronic // Social Indicators Research: academic journal. – USA : Springer Nature, 2006. – Vol. 75. – N. 2 – P. 290. – URL : https://www.researchgate.net/publication/ 225445455_ Reconsidering _Social_Cohesion_Developing_a_Definition_and_Analytical_Framework_for_Empirical_Research (дата обращения 15.01.2024). – ISSN: 1573-0921.

[8] Социальный капитал – это накопление доверия и готовность к сотрудничеству в обществе, основанном на прошлом опыте кооперационных взаимодействий, систем, связей и взаимовыгодного экономического обмена. Выделяют скрепляющий и объединяющий социальный капитал [1].

Социальная сплоченность может обострять или сглаживать социальное напряжение[9], которое возникает в связи с несправедливым неравенством доходов и уровнем благосостояния, безработицей, невозможностью инклюзивности и готовностью к участию в социальных практиках [1]. «Массовое общество», для которого характерно обезличивание отношений, основано на множественности и разнообразии стилей жизни, что позволяет каждому человеку выражать свою индивидуальность и получать справедливую оценку его достижений[10].

Главными атрибутами сплоченности являются доверие и взаимозависимость [1]. Развитие социальной сплоченности может происходить **в историко-культурном, рациональном, функциональном направлениях** [1]. Измерение социальной сплоченности осуществляется в вертикальном и горизонтальном направлениях [1]. В градостроительной практике интерес вызывает горизонтальное направление, которое выражается в исследовании предельного количества людей, которые могут поддерживать доброжелательные отношения по месту жительства, и на территории района проживания или в пределах общей территории повседневной социальной практики.

**Степень изученности темы**

Эволюционные аспекты социальной сплоченности через призму устройства и особенностей работы головного мозга человека представлены в работах советского и российского ученого-биолога, доктора биологических наук, профессора Савельева Сергея Вячеславовича[11].

Вопрос *социальной сплоченности* ранее был рассмотрен в работах зарубежных исследователей: Ролза[12], Дюркгейма[13], Дейтон-Джонсона[14],

---

[9] Социальное напряжение – это состояние потенциальных участников социальных конфликтов, выражающееся в эмоциях, настроениях, взглядах, суждениях и поведении, характеризующих беспокойство, неуверенность, страх, агрессивность, недоверие, жестокость и т. п., и характеризует состояние психики, сознания и поведения социальных субъектов [*Черепкова, Н. В., Саркисян, К. Р.* Социальная напряженность: причины возникновения и форма проявления / Н. В. Черепкова, К. Р. Саркисян. – Текст : электронный // Материалы V Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – URL: https://scienceforum.ru/2013/article/2013007226 (дата обращения: 16.01.2024 )].

[10] *Liebig, S.* R. Richard Wilkinson and Kate Pickett (2009): The Spirit Level. Why More Equal Societies Almost Always Do Better. Allen Lane : scientific article / S. Liebig. – DOI:10.1007/s11211-012-0148-9. – Text : electronic // Social Justice Research : academic journal. – London ; Springer Nature, 2012. – 25(1). – URL : https://www.researchgate.net/publication/257664917_Richard_Wilkinson_and_Kate_Pickett_2009_The_Spirit_Level_Why_More_Equal_Societies_Almost_Always_Do_Better_Allen_Lane_London (дата обращения 16.01.2024).

[11] *Савельев, С. В.* Церебральный сортинг. 4 изд. : книга / С. В. Савельев. – Текст : непосредственный // Москва : ВЕДИ, 2023. – 256 с. : ил. – ISBN 978-5-94624-067-3 ; *Савельев, С. В.* Нищета мозга. 5-е изд. / С. В. Савельев. – Текст : непосредственный // Москва : ВЕДИ, 2023. – 200 с.: ил. – ISBN 978-5-94624-068-0.

[12] *Жусипбек, Г.* Эгалитарный либерализм Джона Ролза и построение справедливого и человеко-центричного общества на пост-советском пространстве : научная статья / Г. Жусипбек. – Текст : электронный // Вестник НАН РК : периодический научный журнал. – Казахстан: Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016. – Т. 6. – N 364(2016). – С. 67–72. – URL : https://www.researchgate.net/publication/312166088_Egalitarnyj_liberalizm_Dzona_Rolza_i_postroenie_spravedlivogo_obsestva (дата обращения 15.01.2024).

Эрреросa[15], Чан Дж., Чан Э., Оксоби[16], Кэмерона[17], Уилкинсона, Пикетт (2009), Джанмаат[18], Клотте[19] и др.

Аспекты и сущность идеи *социального капитала* [20]рассмотрены в работах зарубежных авторов: Бурдье[21], Коулмена[22], Нахапиет, Гошал[23], Грутарт[24], Левицки[25] , Остром[26], Порты[27] и др.

---

[13] *Дюркгейм, Э. О.* разделении общественного труда : книга / Э. О. Дюркгейм, Пер. с фр. А. Б. Гофмана, примечания В. В. Сапова. – Текст : непосредственный // Москва : Канон, 1996. – 432 с. – ISBN 5-88373-036-1.

[14] *Dayton-Johnson, J.* Knitted Warmth: The Simple Analytics of Social Cohesion : scientific article / J. Dayton-Johnson. – Text : direct // Journal of Socio-Economics: academic journal. - Amsterdam : Elsevier BV, 2003. – Vol. 32. – N. 6. – P. 632–645. – ISSN 1053-5357.

[15] *Herreros, F., Miller M.* The Problem of Forming Social Capital: Why Trust? : scientific article / F. Herreros, M. Miller. – DOI:10.2307/40184693. – Text : electronic // Houndsmill: Palgrave Macmillan, 2004. – P. 6. – URL : https://www.researchgate.net/publication/273249149_The_Problem_of_Forming_Social_Capital_Why_Trust (дата обращения 15.01.2024).

[16] *Oxoby, R.* Understanding Social Inclusion, Social Cohesion and Social Capital : scientific article / R. Oxoby. - DOI:10.1108/03068290910996963. – Text : electronic // International Journal of Social Economics : academic journal. – Great Britain: Emerald Group Publishing Limited, 2009. – Vol. 36. – N 12. – P. 1136. https://www.researchgate.net/publication/227348485_Understanding_social_inclusion_social_cohesion_and_social_capital (дата обращения 15.01.2024). – ISSN: 0306-8293.

[17] *Грабарь, Я.* Идеология «большого общества»: старый новый консерватизм Дэвида Кэмерона : научная статья / Я. Грабарь. – DOI:10.20542/0131-2227-2017-61-2-33-43. – Текст : электронный // Мировая экономика и международные отношения : научный журнал. – Москва : Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е. М. Примакова Российской академии наук, 2017. – Т. 61. – N. 2. – С. 33–43. – URL : https://www.imemo.ru/index.php?page_id=1248&file=https://imemo.ru/files/File/magazines/meimo/02_2017/33-43Grabar.pdf (дата обращения 15.01.2024). – ISSN 0131-2227.

[18] *Janmaat, J.G.* Social Cohesion as Real-Life Phenomenon: Assessing the Explanatory Power of the Universalist and Particularist Perspectives : scientific article / J. G. Janmaat. – Text : direct // Social Indicators Research : academic journal. – USA : Springer Nature, 2011. – Vol. 100. – P. 61, 63.

[19] *Cloete, A.* Social Cohesion and Social Capital: Possible Implications for the Common Goods : scientific article / A. Cloete. – Text : direct // Verbum et Ecclesia : academic journal. South Africa : aosis.co.za replace, 2014. – Vol. 35. – N. 3. – ISSN: 1609-9982.

[20] Социальный капитал – это накопление доверия и готовность к сотрудничеству в обществе, основанном на прошлом опыте кооперационных взаимодействий, систем, связей и взаимовыгодного экономического обмена. Выделяют скрепляющий и объединяющий социальный капитал [1].

[21] *Bourdieu, P.* The Forms of Capital : handbook of Theory and Research for Sociology of Education / P. Bourdieu. – Text : electronic // New York: Greenwood, 1985. – P. 241–260. – URL : https://archive.org/details/PierreBourdieuTheFormsOfCapital/ (дата обращения 16.01.2024).

[22] *Coleman J.* Social Capital in the Creation of Human Capital : text in book Networks in the Knowledge Economy / J. Coleman. – DOI:10.1093/oso/9780195159509.003.0007. – Text : electronic // American Journal of Sociology : academic journal. - USA : University of Chicago, 1988. – Vol. 94. – P. 95–120. – URL : https://www.researchgate.net/publication/346810625_Social_Capital_in_the_Creation_of_Human_Capital (дата обращения 16.01.2024) ; *Coleman J.* Foundations of Social Theory : scientific article /

*В градостроительстве социальная сплоченность рассматривается в контексте социологических факторов, влияющих на развитие территории*. В целом о роли и значимости социокультурных явлений в отечественной градостроительной практике представлено в работах исследователей: Ахиезера А. С., Беловой Н. К., Бондаренко Д. М., Брагиной Л. М., Глазычева В. Л., Гольца Г. А., Гуляева В. И., Даниловой И. Е., Даркевича В. П., Дзвонковского С. Л., Дридзе Т. М., Дьяконова И. М., Каганова Г. З., Кнабе Г. С., Комеч А. И., Кошеленко Г. А., Мельникова Г. П., Навлицкой Г. Б., Немчинова В. М., Сайко Э. В., Семенова Г. Харитоновича Д. Э., Чиколини Л. С., Янина В. Л., Янковской Н. Б., Ястребицкой А. Л.[28], Яргиной З. Н., Косицкого В. В.[29], Авдотьина Л. Н., Лежавы И. Г., Смоляра И. М.[30], Дулиной Н. В.[31], Акимкина Е. М., Рабиновича Е. И.[32], Коган Л. Б.[33],

J. Coleman. – DOI:10.1093/oso/9780195159509.003.0007. – Text : electronic // Cambridge, MA: Harvard University Press, 1990. – P. 1012. – URL : https://archive.org/details/JamesS.ColemanFoundationsOfSocialTheory1990BelknapPress (дата обращения 16.01.2024).

[23] *Nahapiet, J., Ghosal, S.* Social Capital, Intellectual Capital and the Organizational Advantage : scientific article / J. Nahapiet, S. Ghosal.– DOI:10.2307/259373. – Text : electronic // Academy of Management Review : academic journal. – USA : Academy of Management, 1998. – Vol. 23. – N 2. – P. 243. – URL : https://www.researchgate.net/publication/228314367_Social_Capital_Intellectual_Capital_and_the_Organizational_Advantage (дата обращения 16.01.2024).

[24] *Grootaert C., Bastelaer, T.* Introduction and Overview : scientific article / C. Grootaert, T. Bastelaer. – Text : electronic // The Role of Social Capital in Development: An Empirical Assessment : academic journal. - Cambridge: Cambridge University Press, 2002. – P. 4. – URL: https://beckassets.blob.core.windows.net/product/readingsample/219572/9780521812917_excerpt_001.pdf (дата обращения 16.01.2024).

[25] *Lewicki R., Brinsfield C.* Trust and Distrust and Building Social Capital : scientific article / R. Lewicki, C. Brinsfield. – Text : electronic // Bartkus V. O., Davis J. (Eds.). Op. cit. – P. 227. – URL : https://www.researchgate.net/publication/ 285944862_Trust_ distrust_and_ building_social_capital (дата обращения 16.01.2024).

[26] *Ostrom, E.* What Is Social Capital? : scientific article / E. Ostrom. – Text : electronic // Bartkus V. O., Davis J. (Eds.). Op. cit. – P. 21–22. https://www.researchgate.net/publication/285827443_What_is_social_capital (дата обращения 16.01.2024).

[27] *Portes, A., Vickstrom, E.* Diversity, Social Capital, and Cohesion : scientific article / A. Portes, E. Vickstrom. – Text : electronic // Annual Review of Sociology : academic journal. – New York: ITHAKA, 2011. – Vol. 37. – P. 461–476. – URL : https://www.ias.edu/sites/default/files/sss/BordersPortes-Diversity-Social-Capital.pdf (дата обращения 16.01.2024). - ISSN 03600572.

[28] Город как социокультурное явление исторического процесса : книга / ред. кол.: В. Л. Глазычев, Г. А. Гольц, С. П. Карпов и др. – Текст : непосредственный // Москва : Наука, 1995.– 351 с. – ISBN 5-02-011228-3.

[29] *Яргина, З. Н. и др.* Основы теории градостроительства: учебн. для вузов спец. «Архитектура» / З. Н. Яргина, Я. В. Косицкий, В. В. Владимиров и др. – Текст : непосредственный // Москва : Стройиздат, 1986. – 326 с.

[30] *Авдотьин, Л. Н.* и др. Градостроительное проектирование: учеб. для вузов / Л. Н. Авдотьин, И. Г. Лежава, И. М. Смоляр. – Текст : непосредственный // Москва: Стройиздат, 1989. – 432 с.: ил. – ISBN 5-274-00602-7.

[31] *Дулина, Н. В.* Город в трансформирующемся обществе: методология и практика исследования : книга / Н. В. Дулина ; Федеральное агентство по образованию, Гос.

Костарева С. В.[34], Кияненко К. В.[35], Крашенинникова А. В. [3], Розовой О. Г.[36] и др.

**Значимость социальной сплоченности в аспекте макропространства городской среды**

В книге Когнитивная урбанистика [3] обоснована структурная модель городской среды, состоящая из микро-, мезо, и макропространств, соответствующих малым, средним и большим группам людей. Макропространство городской среды – это пешеходный ареал повседневной практики, формируемый вокруг места жительства, учебы, работы или другой продолжительной и повторяющейся активности людей в городе. Люди, оказавшиеся на одной территории, постепенно узнают друг друга, что способствует формированию чувства социальной общности. В Когнитивной урбанистике различают три базовые модели макропространств городской среды: «анклав»[37], «район»[38] и «округ»[39] «макропространств» [3].

---

образовательное учреждение высш. проф. образования «Волгоградский гос. технический ун-т» (ВолгГТУ); под общ. ред. проф. З. Т. Голенковой. – Текст : непосредственный // Волгоград : Волгоградское науч. изд-во, 2006. – 387 с.: ил. – ISBN 5-89461-249-6.

[32] *Акимкин, Е. М., Рабинович, Е. И.* Социально-историческая диагностика в градостроительном проектировании : статья в книге / Е. М. Акимкин, Е. И. Рабинович ; ред. кол. А. В. Тихонов и др. – Текст : непосредственный // Социология управления: стратегии, процедуры и результаты исследований : книга. – Москва: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2010. – 607 с. – С. 253–269. – ISBN 978-5-89697-166-5.

[33] *Коган, Л. Б.* От социологии города к урбанологии: итоги и проблемы : научная статья / Л. Б. Коган. – Текст : электронный // Социология и общество: пути взаимодействия : материалы III Очередного Всероссийского социологического конгресса. – Москва: Институт социологии РАН, Российское общество социологов, 2008. – (Секция 23. Социология городского и регионального развития). – URL : https://www.isras.ru/abstract_bank/1208940555.pdf (дата обращения 16.01.2024). – ISBN 978-6-89697-157-3.

[34] *Костарев, С. В.* Общественное участие как механизм обеспечения устойчивости городских сообществ : научная статья / С. В. Костарев. – Текст : электронный // Человек и общество в нестабильном мире: мат. международной научно-практической конференции. – Омск: ОмЮА, 2015. – С. 54–58. – URL : https://kostarev.ucoz.ru/Papers/2015-OmUI.pdf (дата обращения 16.01.2024).; *Костарев, С. В.* Стейкхолдеры социального проекта: определение и анализ : научная статья / С. В. Костарев. – Текст : электронный // Инновационная экономика и общество : сетевое издание. – Омск: ОмГУПС, 2016. – N 3. – С. 85–91. – URL : https://elibrary.ru/download/elibrary_27241252_19376504.pdf (дата обращения 16.01.2024). – Режим доступа : для авторизованных авторов.

[35] *Кияненко, К. В.* Парадигмы архитектурного знания и обоснования в архитектуре : научная статья / К. В. Кияненко. – Текст : непосредственный // Социологические исследования : научный журнал. – Москва: Российская академия наук, 2018. – N 9. – 38 с.

[36] *Розова, О. Г.* Социальное пространство и градостроительные практики : научная статья / О. Г. Розова. – Текст : электронный // Вестник ВГУ : научный журнал. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2021. – (Серия: Философия). – С. 62–68. – URL : http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/phylosophy/2021/04/2021-04-09.pdf (дата обращения 16.01.2024).

[37] Закрытый для посторонних «анклав», окруженный домами и постройками, размеры которого ограничены условиями шаговой доступности [3].

Доказано, что в обществах, где достигнута социальная сплоченность, люди имеют более крепкое здоровье, более высокий уровень доходов и более развитую систему социальной поддержки [1]. Для социальных групп с развитой социальной сплоченностью характерна интерсубъективность воззрений. Например, общее для нескольких людей представление о городских достопримечательностях объясняется общностью установок и убеждений. При формировании структурных единиц городской ткани важно, чтобы люди воспринимали территорию, на которой они живут, как свою собственную, даже, если в правовом аспекте это не так. «Идейная» принадлежность социальных групп к определенной территории характерна для нейборхудов[40]. Согласно данным, представленным в научной статье «Территории жилой застройки. Современная зарубежная концепция «здоровый город», в большинстве случаев люди описывают ареал соседства не как зону вокруг местных магазинов и сервисов, а как общую территорию между основными дорогами [4]. Местные центры, расположенные на границах макропространств, могут быть местами, где встречаются люди из соседних районов [4].

**Структура макропространств, ориентированных на повышение социальной сплоченности**

Отличительная особенность урбанизированных территорий – наличие психологически напряженного сообщества[41]. Одним из путей достижения социальной сплоченности является формирование таких пространственных условий, при которых люди смогли бы расслабляться, успокаиваться, абстрагироваться от проблем.

Нейробиолог, директор Лаборатории городской повседневности Университета Ватерлоо (Канада) Колин Эллард написал в книге «Среда обитания: Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие» : «…нам не нравится попадать в ситуации, когда заблокированы потенциальные пути к отступлению; мы не любим находиться там, где много затемненных мест, в которых может спрятаться потенциальный обидчик; где сложно увидеть, что находится за углом, или где совсем нет людей. В некоторых случаях одни лишь намеки на материальный или социальный беспорядок могут повысить уровень тревоги» [5].

---

[38] Транзитный «район» публичных пространств вокруг узлов пешеходных коммуникаций, ограниченный условиями комфортной доступности [3].

[39] Выделенный в городе «округ» включает «анклавы» и «районы», сформированные вокруг общего ядра общественных площадей [3].

[40] Нейборхуд (авт. Шемякина В. А.) – это самостоятельная градостроительная единица в виде сложившейся экосистемы жилой и общественной среды внутри поселения.

[41] Соловей Л. В., Ковалева М. И. Социально-психологические проблемы устройства городского пространства : научная статья / Л. В. Соловей, М. И. Ковалева. – Текст : электронный // Историческая и социально-образовательная мысль : сетевое, рецензируемое периодическое научное издание открытого доступа. – Краснодар : НОЧУ ДПО «Кубанская многопрофильная Академия подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов», 2017. – Т. 9. – N 4/2. – URL : https://www.researchgate.net/publication/320272471_SOCIALNO-PSIHOLOGICESKIE_PROBLEMY_USTROJSTVA_GORODSKOGO_PROSTRANSTVA_SOCIAL_AND_PSYCHOLOGICAL_PROBLEMS_OF_URBAN_SPACE (дата обращения 21.01.2024).

Разные типы макропространства («анклав,» «район», «округ»[42]) создают различные условия соседства и общения [3], которые возникают естественным образом, а не по принуждению или силой [1].

На уровне «анклава» градостроительная модель должна учитывать интересы людей с ослабленной или недостаточной самостоятельностью: детей, пожилых, людей с особенностями ментального, физического развития и сниженной мобильностью (мам с колясками, людей с сумками и пр.). Важным условием безопасности будет стабильность и узнаваемость территории. В масштабе «анклава» человек наполняет среду индивидуальным смыслом, «считывая» функциональное значение городского окружения. Участие в общепринятых социальных практиках поддерживает правила и нормы общения, атмосферу доброжелательности, спокойствия и уважения к каждому отдельному человеку, что в целом создает позитивный, энергичный и оптимистический настрой сообщества. В проекте планировки территории в пределах кварталов и жилых групп важно выделять хотя бы небольшие участки территории, соответствующие прототипу «сад» или «двор-сад» [3].

Связкой «анклавов», образующих «районы», являются узлы концентрации городской жизни в виде остановок общественного транспорта, пешеходных площадей и др. мезо-пространств с постоянным публичным контролем («пешеходная площадь», «тротуар главной улицы», «входная площадь»). Для достижения социального комфорта и социальной сплоченности в модели макропространства «пешеходный район» необходимо наравне с активными зонами формировать те, что будут способствовать расслаблению органов чувств. Такие зоны можно назвать «пространствами сенсорной разгрузки». Цель формирования подобных пространств – предоставить людям возможность отдохнуть от чрезмерной визуальной и слуховой стимуляции, возникающей во время транспортной, трудовой или учебной нагрузки и вынужденных коммуникационных взаимодействий. Пространства сенсорной разгрузки могут быть спроектированы в виде небольших скверов или озелененных участков, обеспечивающих нейтральную сенсорную среду с минимальной стимуляцией (модели мезо-пространств типа «городской сквер», «каменный сквер», «пешеходный бульвар» [3]). Пространства сенсорной разгрузки будут способствовать снятию напряжения, которое характерно для центров общественной жизни.

Пешеходный «округ», ограничен условиями «предельной доступности в 1,5−2 км и включает *ядро, центральную и периферийные зоны, анклавы и центры районов*. Ядро должно иметь высокую «людность», быть местом высокой социальной и коммуникативной деятельности. Для этого необходимо предусмотреть концентрацию якорных точек пешеходного движения. Периферийные зоны обладают большей пористостью и меньшей плотностью застройки, что соответствует снижению сенсорных стимулов.

Сенсорные свойства каждого участка городской территории должны поддерживать ведущую функцию. Предсказуемость последовательного изменения функции и визуального содержания «пространственного коридора» элементов городской среды поможет снизить психологический дискомфорт,

[42] Здесь и далее название микро-, мезо-, и макропространств городской среды даны в кавычках, поскольку имеются ввиду модели, описанные к книге «Когнитивная урбанистика» [3].

возникающий при неопределенности и ожидании в момент перехода между ядрами, зонами и подзонами.

**Заключение**

Социальная сплоченность рассматривается в трех аспекта: социальной интеграции, социального капитала и социальной мобильности в пределах структурных единиц городской среды, названных макропространствами. Для построения градостроительных моделей макропространств ключевым индикатором служит количество людей, размеры пешеходного ареала, границы и размещение якорных точек пешеходных маршрутов.

Развитие социальной сплоченности может происходить в историко-культурном, рациональном, функциональном направлениях [1]. Разделение городских пространств на макро-пространства, для которых характерны уровни сенсорной стимуляции будет способствовать формированию условий психологического комфорта и стимулировать социально позитивное поведение людей. Инструментами формирования комфортной городской среды в пределах выделенных макропространств станут красные линии застройки, типы зданий, свет, акустика, текстуры, цветовые решения, малые архитектурные формы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Perspectives on Global Development 2012 : Social Cohesion in a Shifting World. – Paris : OECD, 2011. – 263 p. – ISBN 978-92-64-11315-2 (PDF). – URL : https://read.oecd-ilibrary.org/development/perspectives-on-global-development-2012_persp_glob_dev-2012-en#page55 (дата обращения 10.01.2024).

2. *Укрепление социальной сплоченности*. Определение концептуальных рамок и основные выводы для разработки программ : программа развития ООН // undp.org : официальный сайт. – New York (USA) : UNDP, 2020. – 76 с. – URL : https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/undp-cb_social_cohesion_guidance--conceptual_framing_and_programming_RU.pdf (дата обращения 10.01.2024).

3. Крашенинников, А. В. Когнитивная урбанистика : архетипы и прототипы городской среды : монография / А. В. Крашенинников. – Москва : Курск, 2020. – 210 с. – (Серия «Наука»). – ISBN 978-5-907228-53-5. – Текст : непосредственный.

4. Шемякина, В. А. Территории жилой застройки. Современная зарубежная западноевропейская концепция «здоровый город» / В. А. Шемякина, М. Д. Рогазинская. – Текст : электронный // Architecture and Modern Information Technologies = Архитектура и современные информационные технологии : международный электронный сетевой научно-образовательный журнал. – Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2022. – № 1 (58). – С. 195–211. – DOI: 10.24412/1998- 4839-2022-1-195-211. – URL: https://marhi.ru/ AMIT/2022/1kvart22/PDF/13_shemjakina.pdf (дата обращения 16.01.2024).

5. Эллард, К. Среда обитания : как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие / К. Эллард ; перевод А. Васильева. – Москва : Альпина Паблишер, 2022. – 334 с. – ISBN 978-5-9614-7018-5. – Текст : непосредственный.

**KRASHENINNIKOV Aleksey Valentinovich, corresponding member of the RAACS, doctor of architecture, professor, director; KRYLASOVA Ekaterina Andreevna, postgraduate student of the chair of urban development**

## THE PHENOMENON OF SOCIAL COHESION IN URBAN PLANNING MODELS OF THE URBAN ENVIRONMENT

Scientific Educational Center (SEC) URBANISTICS of Moscow Architectural Institute,
11, Rozhdestvenka St., Moscow, GSP, 107031, Russia. Tel.: + 7 (916) 251-31-11, +7 (910) 890-21-56; e-mail: ud-marhi@mail.ru, krylasova.ekaterina@ya.ru
*Key words*: social cohesion, urban planning, cognitive models of macrospaces, sensory unloading spaces.

*The article examines the essence and content of the concept of "social cohesion", describes its role in the formation of urban cognitive models of "macrospaces" (according to Krasheninnikov A.V.). The works and researchers who studied "social cohesion", "social capital", and the social factor in urban planning are noted. An attempt has been made to formulate a theoretical basis on the basis of optimal cognitive models focused on the formation of social cohesion. The concept of creating sensory unloading spaces is proposed. Three directions for the development of social cohesion in the urban environment have been established.*

REFERENCES

1. Perspectives on Global Development 2012: Social Cohesion in a Shifting World. / Paris: OECD, 2011. – P. 263. – URL : https://read.oecd-ilibrary.org/development/perspectives-on-global-development-2012_persp_glob_dev-2012-en#page55 (accessed 10.01.2024). – ISBN 978-92-64-11315-2 (PDF).
2. *Ukreplenie sotsialnoy splochyonnosti*. Opredelenie kontseptualnykh ramok i osnovnye vyvody dlya razrabotki programm : programma razvitiya OON [*Strengthening social cohesion*. Definition of the conceptual framework and main conclusions for the development of programs : United Nations Development Programme] / undp.org : official website. – New York (USA) : UNDP, 2020. – 76 p. – URL : https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/undp-cb_social_cohesion_guidance--conceptual_framing_and_programming_RU.pdf (data obrashcheniya 10.01.2024).
3. Krasheninnikov A.V. Kognitivnaya urbanistika : arkhetipy i prototipy gorodskoy sredy [Cognitive urbanism : archetypes and prototypes of the urban environment] : monografiya / Moscow : Kursk, 2020. – 210 p. – (Seriya "Nauka"). – ISBN 978-5-907228-53-5.
4. Shemyakina V. A., Rogazinskaya M. D. Territorii zhiloy zastroyki. Sovremennaya zarubezhnaya zapadnoevropeyskaya kontseptsiya “zdorovy gorod” [Territories of residential development. The modern foreign Western European concept of a "healthy city"]. Architecture and Modern Information Technologies = Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii : mezhdunarodny elektronny setevoy nauchno-obrazovatelny zhurnal. – Moscow: Moscow Architectural Institute (State Academy), 2022. – № 1 (58). – P. 195–211. – DOI: 10.24412/1998- 4839-2022-1-195-211. – URL: https://marhi.ru/AMIT/ 2022/1kvart22/PDF/13_shemjakina.pdf (data obrashcheniya 16.01.2024).
5. Ellard K. Sreda obitaniya: kak arkhitektura vliyaet na nashe povedenie i samochuvstvie [Habitat: How architecture affects our behavior and well-being]; perevod A.Vasileva. –Moscow : Alpina Publisher, 2022. – 334 p. – ISBN 978-5-9614-7018-5.

**© А. В. Крашенинников, Е. А. Крыласова, 2024**
Получено: 15.01.2024 г.

**УДК 711.586**

**Л. Н. ОРЛОВА[1], д-р техн. наук, проф. кафедры архитектурного проектирования; С. В. НОРЕНКОВ[1], д-р филос. наук, проф. кафедры архитектурного проектирования; В. А. ДЕНИСОВА[2], проектировщик-градостроитель 1-й категории отдела разработки проектов планировки и проектов межевания территории**

# КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ: ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПРАКТИКА ПРОЕКТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: orludm.orlova@yandex.ru, snorenkov@yandex.ru
[2]ГБУ Нижегородской области «Институт развития агломерации Нижегородской области»
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ульянова, д. 10А. Тел.: (831) 428-17-96,
факс: (831) 428-08-17; эл. почта: violka-del-fante@yandex.ru
*Ключевые слова*: комплексное развитие территорий, жилые комплексы, общественно-деловая инфраструктура, современное благоустройство, реализация проектов.

---

*Приводится анализ реализованных проектов комплексного освоения территорий по формам проектов, предшествующих договорам КРТ, и мастер-планов современных проектов КРТ. Мастер-планы подразделены на несколько групп по функциональной направленности и охвату территории, включая их пространственную организацию. Выявлена тенденция в преимущественном расположении объектов общественно-деловой инфраструктуры на территории комплекса в отдельно стоящих зданиях либо на первых этажах домов в шаговой доступности для жителей. Превалирует безопасный двор «без машин», современное благоустройство, подземный, наземный и надземный паркинги.*

---

Современная архитектура и строительство в России вступили на новый этап «комплексного развития территорий (КРТ)» [1– 4], являющегося, по сути своей, промежуточным на пути к системному планированию и архитектурно-градостроительному проектированию всех видов строительства [5, 6].

Анализ реализованных проектов комплексного освоения территорий приводится по формам проектов, предшествующих договорам КРТ: развитие территорий промышленной застройки, развитие территорий по программам переселения граждан из аварийного жилого фонда, комплексное и устойчивое развитие.

Практика комплексного развития территорий частично заимствована отечественными девелоперами из опыта Европейских стран. На фоне относительно малых свободных площадей и высокого уровня плотности населения в Европейских странах вопрос рационального использования земельных ресурсов за рубежом встает острее, чем в России, которая обладает наибольшим в мире запасом земельного фонда. Поэтому переход к редевелопменту территорий в этих странах начался раньше, чем в нашей стране.

Начало активного развития редевелопмента в России связано с переустройством индустриальных объектов заброшенных промышленных территорий, не используемых по целевому назначению. В 1995 г. было принято Постановление Правительства Москвы «О развитии и реорганизации производственных зон г. Москвы» [7], которое стало «локомотивом» движения по реорганизации нефункционирующих территорий в крупнейших городах-«миллионниках» и других крупных городах страны [8]. Реализация редевелопмента бывших промышленных территорий поначалу проявлялась в тенденции строительства на их месте офисных и торговых помещений, а позднее – в создании многофункциональных общественных пространств. Впоследствии курс организации креативных общественных пространств был смещен в сторону развития жилого сектора на территории бывших промышленных объектов. И только около 10 лет назад начали разрабатываться масштабные проекты в целях строительства на них полноценных жилых районов, являющихся основным объектом данного исследования.

К крупнейшим примерам редевелопмента можно отнести проект «ЗИЛ» в Москве, реализация которого проходит на базе бывшей производственной зоны завода им. Лихачева по договорам комплексного освоения территорий [9] (рис. 1 цв. вклейки). Промзона «ЗИЛ» расположена в Южном административном округе Москвы и занимает около 40 % территории района Даниловский. Она протянулась от Третьего транспортного кольца и Симоновской набережной до МЦК в 5 км от центральной части города. Территорию условно разделили на северную («ЗИЛ – север») площадью 146,7 га и южную («ЗИЛ – юг») площадью 164,2 га. Реорганизованная территория станет новым креативным центром Москвы, где будет интересно проводить время не только местным жителям, но и другим горожанам и туристам. Здесь будут расположены жилая, досуговая, деловая, образовательная и рекреационная зоны. По замыслу архитекторов на территории появится несколько площадей со своими ключевыми объектами, что привлечет в новый район массовый поток отдыхающих (рис. 2*а* цв. вклейки) [9].

Проектирование жилых зданий первой очереди было выполнено по единому установленному дизайн-коду. Каждый дом представлен настоящим шедевром, продуманным до мелочей, со своей идеей и лицом. При их создании учитывались особенности места, расположение, куда обращены фасады, и как дом будет смотреться с разных точек обзора. Жилые дома находятся в тихой, удаленной от дорог части комплекса. Высота зданий варьируется от 6 до 14 этажей – это наиболее комфортно-оптимальная высотность для подобного типа зданий с учетом плотной компоновки кварталов. В дальнейшем здесь планируется построить современное комфортное жилье для десятков тысяч человек и создать тысячи рабочих мест (рис. 2 *б* цв. вклейки) [9]. Такой подход уже стал привычным для развитых городов Европы, а с недавнего времени стал нормой для Москвы. Как ожидается, это позволит снизить маятниковую миграцию и разгрузить улично-дорожную сеть. При этом разработчики проекта планировки обещают сохранить и традиционный исторический облик промзоны: наиболее интересные в историко-архитектурном отношении объекты «ЗИЛ» будут сохранены и реконструированы.

Главное достоинство проекта состоит в том, что вместо устаревшего производства и заброшенных построек появится качественно новая комфортная городская среда с доступной транспортной инфраструктурой, рабочими местами

и социальными объектами. В результате «ЗИЛ» станет «городом в городе», где можно жить, работать и отдыхать [9].

Официально комплексное освоение территорий в России началось с 2007 г., когда на нормативном уровне в рамках Постановления «Об экспериментальных инвестиционных проектах комплексного освоения территорий в целях жилищного строительства» [2] были определены основные критерии и затем успешно реализованы 8 образцовых проектов.

В качестве знакового примера можно выделить проект «Лесная поляна» в г. Кемерове (рис. 3 цв. вклейки) [10]. Строительство города-спутника «Лесная поляна» – это пилотный российский проект, разработанный в соответствии с общемировыми тенденциями градостроительного планирования и архитектуры, на примере которого должны были быть отработаны принципы малоэтажной комплексной застройки и основные подходы по реализации национального проекта «Комфортное и доступное жилье» на местном уровне, начиная от стадии планирования, реализации программных мероприятий и заканчивая мониторингом и контролем за реализацией.

В соответствии с проектом предполагалось осуществить комплексную застройку территории разнообразными типами жилых домов, образовательными и медицинскими учреждениями, торгово-развлекательными комплексами, спортивными и рекреационными сооружениями. Чередование разнообразной типологии зданий и плотности застройки подразумевало формирование «лестницы цен» для семей с разным уровнем доходов [10].

«Лесная поляна» расположена в 12 км от столицы Кузбасса. Под развитие «Лесной поляны» в 2006 г. выделили 1615 га, однако, на сегодняшний день застроено чуть больше половины этой площади. Изначально в концепции заложена застройка индивидуальными домами, таунхаусами и малоэтажными многоквартирными домами от 3 до 7 этажей. Ключевая особенность района заключается в многообразии архитектурно-планировочных решений жилья, что прямым образом влияет на его комфортность и доступность. Большое внимание уделяется безопасности передвижений: транспортные автомобильные и пешеходные потоки максимально разделены. Своеобразным сердцем «Лесной поляны» принято называть парк «Лесная сказка». На территории парковой зоны расположены прогулочные дорожки, огромный пруд, фонтан и большое количество зелени. Сходные зоны отдыха, но меньшего масштаба, распределены по всему жилому району.

Строительство на экологически благоприятной территории современного города-спутника, градостроительная концепция которого основана на современных подходах в области городского дизайна и архитектуры, также повлияли на развитие зоны туристско-рекреационной формации для жителей Кемеровской области с целью формирования и популяризации здорового образа жизни и занятий спортом [10].

«Лесная Поляна», по словам жителей, за 15 лет реализации проекта сохранила общий вектор развития, но отклонилась в деталях. Это уже не город-спутник, а жилой район, где нет запланированных озера и «Луна-парка», но хватает многоэтажек и типичных для населенного района вопросов с бытовым обслуживанием. Но это место по-новому, выразительно отличается от других городских районов обилием пешеходных и прогулочных озелененных зон,

# К СТАТЬЕ Л. Н. ОРЛОВОЙ, С. В. НОРЕНКОВА, В. А. ДЕНИСОВОЙ «КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ: ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПРАКТИКА ПРОЕКТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ»

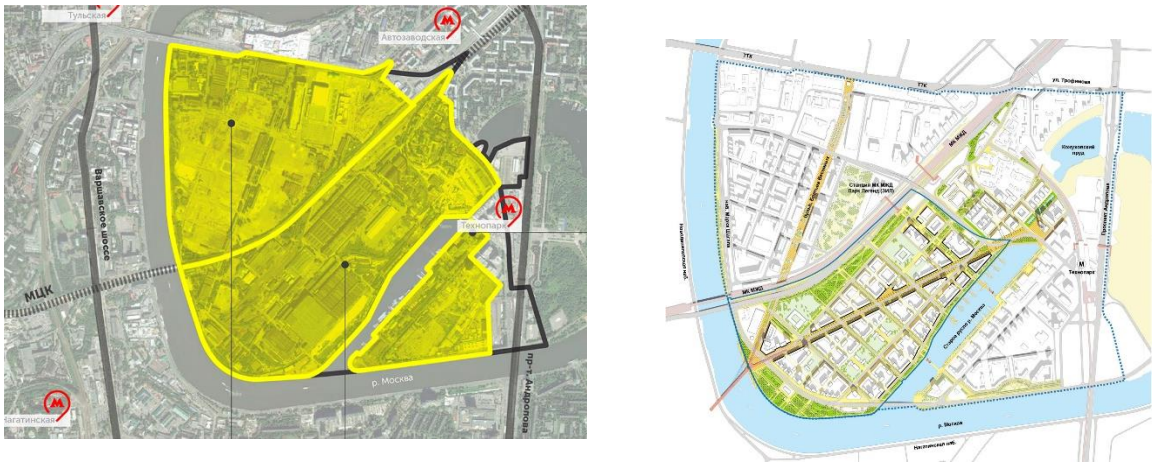



Рис. 1. Проект планировки «ЗИЛ» в г. Москве [9]

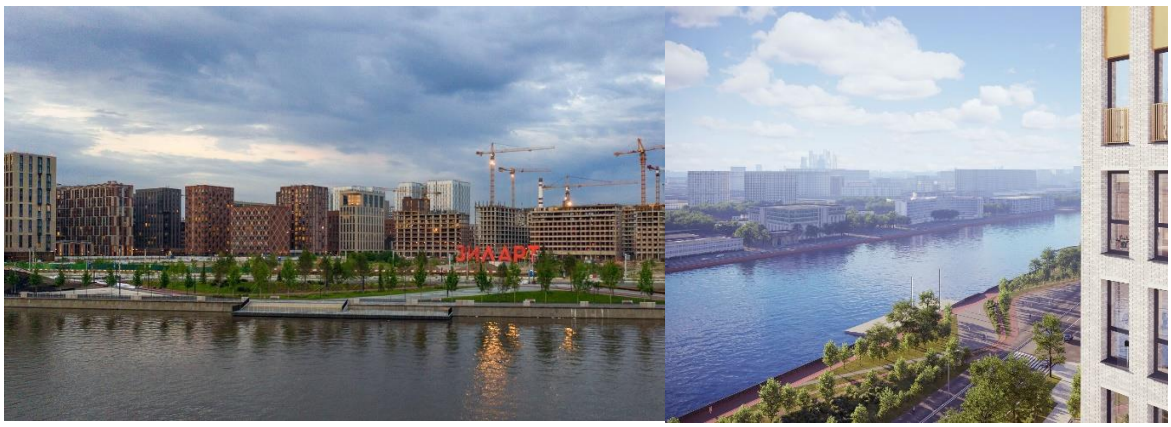



Рис. 2. Благоустройство прибрежной зоны ЖК «ЗИЛ» в г. Москве [9]

Рис. 3. Город-спутник г. Кемерова «Лесная поляна» [10]

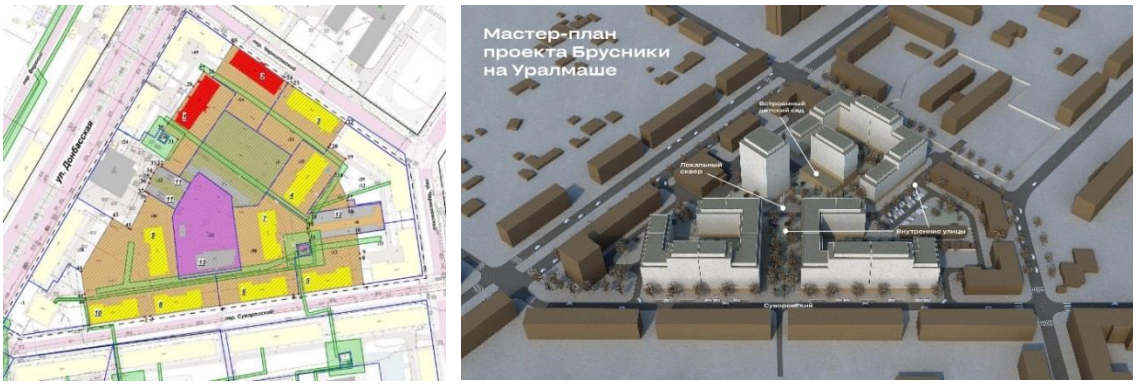
Рис. 4. Отечественная практика реализации экспериментальных инвестиционных проектов комплексного освоения территорий в целях жилищного строительства (КОТ), предшествующих КРТ, в рамках государственных программ

Рис. 5. Отечественная практика проектной реализации КРТ в рамках государственных программ

Рис. 6. Академический район в г. Екатеринбурге [12]

*а* *б*

Рис. 7. Мастер план реновации района «Аваин» (1-я очередь) в г. Дербенте [13]:
*а* – проектное зонирование; *б* – мастер-план проекта КРТ




*а* *б*

Рис. 8. Микрорайон «Уралмаш» в городе Екатеринбурге [14]:
*а* – проектное зонирование; *б* – мастер-план проекта КРТ

детскими и спортивными площадками, хорошо спланированными уличными пространствами [11].

В список «экспериментальных» проектов также входит район «Академический» в г. Екатеринбурге, вступающий в ряды масштабных проектов, занимая территорию общей площадью 1300 га (рис. 6 цв. вклейки) [12]. Район «Академический» располагается в 9 км от центра Екатеринбурга и считается одним их самых ярких и молодых районов в городе на Урале. Ключевой задачей проекта является формирование комфортной городской среды на основе единой концепции комплексного подхода к развитию территории. Одновременно здесь возводятся жилые, социальные, коммерческие и иные инфраструктурные объекты, создается ценностная и культурная среда. Мастер-план района разработало французское конструкторское бюро "*Valode & Pistre*", оно же обеспечивает единый архитектурный стиль застройки. Дома в «Академическом» имеют разную этажность: от 3 до 25 этажей, включая здания различного назначения. Благоустройство территории представляет собой воплощение лучших мировых практик, где приоритетами становятся дворы «без машин», игровые комплексы премиум класса, современные *workout* зоны и корты, многоуровневое озеленение и ландшафтный дизайн. Данный проект является реальным примером реализации в России идеи комплексного развития территории, мирового тренда в развитии современных благоустроенных городов [12].

В перечень экспериментальных также вошел и ряд других значительных проектов. Все они были отобраны в рамках реализации федеральной целевой программы «Жилище» на 2002–2010 гг., целью которой являлось стремительное наращивание объемов жилья в стране [2]. Проекты, направленные на комплексное развитие территорий, начавшие свою реализацию в 2006 г. как пилотные, к 2016 г. приобрели нормативный статус проектов КОТ**,** закрепленный ГрК РФ [3]. Отечественная практика реализации экспериментальных инвестиционных проектов комплексного освоения территорий в целях жилищного строительства (КОТ), предшествующих КРТ, в рамках государственных программ представлена на рис. 4 цв. вклейки.

Кроме реализованных строительством жилых районов существуют проекты, находящиеся на стадии утверждения и строительства в рамках действующей программы КРТ [4]. Они также имеют комплексную структуру и выполняются с применением современных стандартов и характерных направлений [5, 6]. Отличие заключается лишь в том, что, если ранее особый интерес застройщиков был связан с масштабным строительством жилых районов на периферии города, то к настоящему времени тенденция сместилась к развитию территорий внутри города, что несомненно имеет значительные преимущества перед проектами КОТ. В первую очередь это связанно с обновлением жилищного фонда застроенных территорий, улучшением архитектурного облика и повышением социальной удовлетворенности, а во-вторых, с созданием новых внутригородских общественных пространств и зеленых зон.

Одним из образцовых проектов преобразования городской среды Российского масштаба является проект КРТ в микрорайоне «Аваин-4» г. Дербента, задачи реализации которого направлены на изменение имиджа района путем улучшения качества городской среды (рис. 7 цв. вклейки) [13]. Район Аваин расположен на юге г. Дербента в удаленности от основного городского центра и застроен преимущественно частными жилыми домами. Из-за

низкой плотности застройки в районе не развита коммерческая инфраструктура и более того многие жители не имеют доступа к социальной и транспортной инфраструктурам. Общая площадь земельных участков составляет 55,39 га, из которых 26,3 га отдано под строительство мало-, средне- и многоэтажной жилой застройки.

Согласно разработанному мастер-плану (рис. 7 цв. вклейки) [13], неблагоприятный для жизни район города должен стать культурным центром, способствующим органически целостному городскому развитию. В основу реновация городской среды положена концепция развития многофункциональных центров с использованием новых стандартов ДОМ.РФ [5], которые позволят сформировать компактный город и обеспечить сбалансированное развитие районов: «все необходимое должно быть в шаговой доступности» – это основной принцип развития г. Дербента [13]. Плотная сеть улиц формирует компактные, европейские кварталы, повышая транспортную связность и проницаемость территории. Парковочные места расположены вдоль улиц и в подземных парковках, тем самым формируя комфортные и благоустроенные дворы без машин. Жилые секции высотой 4– 8 этажей с высотными акцентами до 16 этажей расположены на стилобатах, образующих полуприватные дворы. Секции башенного типа обеспечивают естественную инсоляцию и раскрытие видов на парк, горы или море из всех квартир. Верхние этажи выполнены с террасированием и формируют уникальные квартиры с выходом на кровлю, превращая ее в эффективную эксплуатируемую площадь. Социальная инфраструктура расположена внутри района. Под школу и детский сад выделены отдельные кварталы, благодаря чему эти закрытые территории не нарушают связность частей района. Сердцем нового района является парк, созданный на реальном рельефе, сформированном при разработке карьера. Парк станет тихим и зеленым укрытием от Солнца и городского шума для горожан и гостей города.

К схожим примерам КРТ в рамках реновации территории под жилую многофункциональную застройку относится проект по комплексному освоению территории района «Аксайский» – бывшего городского аэропорта в Ростове-на-Дону (рис. 5 цв. вклейки). Площадь территории составляет 367,8 га. В новом районе помимо жилых домов переменной этажности (4–16 этажей) также предполагается строительство развитой инфраструктуры и преобразование взлетно-посадочной полосы аэропорта в масштабную прогулочную зону, которая станет визитной карточкой района.

К менее масштабным по площади проектам КРТ относятся территории с расположенной на них аварийной жилой застройкой. Помимо разработки концептуального решения по застройке территории, согласно ГрК РФ [1, 4], предусмотрен ряд мероприятий по расселению жителей из аварийных домов, что в некоторой степени влияет на очередность реализации проектов КРТ. В список мастер-планов по комплексному развитию «возрастных» территорий входит проект КРТ микрорайона «Уралмаш» в городе Екатеринбурге (рис. 8 цв. вклейки) [14]. Общая площадь застраиваемой территории составляет 5,67 га, из них 2,79 га приходится на территорию жилой застройки, подлежащую комплексному развитию. На данный момент застройка территории квартала представлена 2-этажными многоквартирными жилыми домами постройки 40–50-х гг. прошлого века. В рамках новой концепции запланирован снос ветхого жилого фонда, на месте которого появятся современные дома средней этажности.

В основу философии нового квартала, по замыслу девелопера, положены такие принципы как преемственность, разнообразие, разукрупнение и встроенность в ткань района. Так, преемственность по замыслу застройщика означает, что территория, над которой поработали проектировщики, по-прежнему останется частью большого и передового для своего времени комплекса Уралмашзавода, а новая застройка будет подчеркивать начальную геометрию территории. Разукрупнение и встроенность в ткань района означают, что при проектировании специалисты постарались разбить квартал на три смысловые части. Разнообразие, по мнению девелопера, выражается в наборе морфотипов зданий, архитектуре и жизненных сценариях функционирования. Основной объем застройки квартала – дома с закрытым двором, при этом доминантой служит 17-этажная башня, расположенная на пересечении пешеходных потоков (рис. 8 *б* цв. вклейки) [14]. Стоит также отметить, что на прилегающих к районам КРТ магистралях транспортный трафик после сноса двухэтажных домов и сдачи в строй современных высоток значительно возрастет [15]. Такой прогноз свидетельствует о том, что большое значение имеет обстоятельство ценности места и сложившаяся инфраструктура. Всякое вмешательство и изменения в планировочной структуре города должны продумываться стратегически и быть направлены на решение ряда задач по созданию компактных, так называемых «городов в городе», проявляющихся в их многофункциональности и пешеходной доступности.

Схожими проектами по КРТ являются мастер-планы района «Спортивный» в г. Якутске, а также ЖК «Сидней Сити», ЖК «Кунцево» и ЖК «Гайвороново» в г. Москве (рис. 5 цв. вклейки).

На основании анализа отечественного опыта разработки КРТ их мастер-планы были подразделены на несколько групп по функциональной направленности и охвату территории, включая пространственную организацию, и представлены на рис. 5 цв. вклейки.

**Заключение**

1. Проведенный анализ основных направлений деятельности по реализации комплексного развития территорий в России, в том числе примененных проектов, доказывает эффективность использования данного механизма на практике. Сегодняшнее понимание комплексности более четко выражено и обосновано, чем в предшествовавшее столетие. Благодаря богатому отечественному опыту, в некоторых аспектах и заимствованному у зарубежных стран, Россия сегодня дополняет и тем самым улучшает нормативную базу в области градостроительного и архитектурного проектирования.

2. Как показало исследование, понятие «комплексное развитие территорий (КРТ)» прежде всего основано на современных потребностях социального общества. Помимо решения основных задач, связанных с увеличением количества жилой площади в регионах, проекты КРТ направлены на решение ряда стратегических задач по созданию компактных, так называемых «городов в городе», проявляющихся в их многофункциональности и пешеходной доступности объектов общественно-деловой инфраструктуры.

3. На основании анализа отечественного опыта разработки КРТ их мастер-планы были подразделены на несколько групп по функциональной направленности и охвату территории, включая пространственную организацию. Выявлена тенденция в преимущественном расположении объектов общественно-деловой инфраструктуры на территории комплекса в отдельно стоящих зданиях,

либо на первых этажах домов с расположением входов со стороны улицы в шаговой доступности для жителей. Превалирует безопасный двор «без машин», современное благоустройство, подземный, наземный и надземный паркинги.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации: ГК РФ: Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2004 года № 190-ФЗ: [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года: одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года]: [с изменениями и дополнениями на 11 января 2023 года]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст: электронный.

2.Российская Федерация. Законы. Об экспериментальных инвестиционных проектах комплексного освоения территорий в целях жилищного строительства [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 5 мая 2007 г. N 265. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст: электронный.

3. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации, отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования регулирования подготовки, согласования и утверждения документации по планировке территории и обеспечения комплексного и устойчивого развития территорий и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации: федеральный закон от 03.07.2016 г. № 373-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст: электронный.

4. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях обеспечения комплексного развития территорий: Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2020 года № 494-ФЗ: [редакция от 14 августа 2020 года]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст: электронный.

5. Стандарт комплексного развития территорий, разработанный Минстроем России и ДОМ.РФ вместе с КБ Стрелка по поручению Председателя Правительства РФ. – URL: https://www.дом.рф/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/?ysclid=l dmyb00lzb493840952. – Текст: электронный.

6.«Стандарт» ООО Стрелка: 5 книг: 2 каталога. Стандарт комплексного развития территорий: в 6 книгах: 4 каталога / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации; ДОМ. РФ; КБ «Стрелка». – URL: https:// дом.рф/ urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/.

7.Московская область. Законы. О развитии и реорганизации производственных зон г. Москвы [Электронный ресурс]: постановление Правительства Москвы от 04.04.1995г. N 276. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст: электронный.

8. Власова, М. Ф. Редевелопмент промышленных территорий города / М. Ф. Власова, А. А. Чижова, С. Н. Некрасов. – // Российские регионы в фокусе перемен. – Ч. 1. – Екатеринбург, 2018. – 2018. – Т. 1. – №. 12. – С. 323–334. – Текст: непосредственный.

9. Промзона «ЗИЛ» // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. – URL: https:// stroi.mos.ru / construction/2213.

10. Жилой район «Лесная поляна» г. Кемерово // ООО «Архи.ру».– URL: https://archi.ru/ projects/russia/14385/zhiloi-raion -lesnaya-polyana-g-kemerovo .

11. Пустые фонтаны и отмененная набережная: опасение и надежды Лесной поляны. 2022 г. // Газета А42. – URL: https: //gazeta.a42.ru /lenta/ articles/140055-pustye-fontany-i-otmenyonnaya-nabereznaya-opaseniya-i-nadezdy-lesnoi-polyany.

12. О районе Академический. // АО Специализированный застройщик «РСГ-Академическое». – URL: https: //akademicheskiy.org/about/#:~:text= Академический

%20 —%20самый %20новый%2С%20яркий,Крупнейший% 20 градостроительный% 20проект% 20в%20Европе.

13. Мастер-план реновации района Аваин // Проектно-консалтинговая компания ООО «Новая земля». – URL: https:// www. nzemlya.com /avainderbent.

14. Старт КРТ в Уралмаше // Новости Екатеринбурга. – URL:https: //ekburgnews. ru /start-krt-na-yralmashe/.

15. Сусоров, Е. Перспектива-2030: Уралмаш и Эльмаш после КРТ / Е. Сусоров // Информационное агентство «Уралинформбюро». – URL :https://finance.rambler.ru/realty / 48021357/? utm_content=finance_media&utm_medium= read_more&utm_source=copylink .

**ORLOVA Lyudmila Nikolaevna[1], doctor of technical science, professor of the chair of architectural design; NORENKOV Sergey Vladimirovich[1], doctor of philosof sciences, professor of the chair of architectural design; DENISOVA Violetta Alekseevna, urban planner of the 1st category of the Department for the development of planning projects and land surveying projects[2]**

## INTEGRATED DEVELOPMENT OF TERRITORIES: DOMESTIC PRACTICE OF PROJECT IMPLEMENTATION WITHIN THE FRAMEWORK OF STATE PROGRAMS

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: orludm.orlova@yandex.ru, snorenkov@yandex.ru
[2]State Budgetary Institution of the Nizhny Novgorod region «Institute of Agglomeration Development of the Nizhny Novgorod region»
10A, Ulyanova St., Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel.: +7 (831) 428-17-96; fax: +7 (831) 428-08-17; e-mail: violka-del-fante @ yandex. ru
*Key words*: comprehensive development of territories, residential complexes, public and business infrastructure, modern landscaping, project implementation.

---

*The article provides an analysis of the implemented projects of integrated development of territories according to the forms of projects preceding the CRT agreements and master plans of modern CRT projects. The master plans are divided into several groups according to their functional orientation and coverage of the territory, including their spatial organization. A tendency has been revealed in the predominant location of public and business infrastructure facilities on the territory of the complex in detached buildings, or on the first floors of houses within walking distance for residents. A safe yard "without cars", modern landscaping, underground, above-ground and above-ground parking prevail.*

---

REFERENCES

1. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Gradostroitelny kodeks Rossiyskoy Federatsii [Town- planning Code of the Russian Federation]: GK RF: Federalny zakon Rossiyskoy Federatsii ot 29 dekabrya 2004 goda № 190-FZ : [prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 22 dekabrya 2004 goda : odobren Sovetom Federatsii 24 dekabrya 2004 goda] :[s izmeneniyami i dopolneniyami na 11 yanvarya 2023 goda]. – URL: http: // www.consultant.ru.

2. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Ob eksperimentalnykh investitsionnykh proyektakh kompleksnogo osvoyeniya territoriy v tselyakh zhilishchnogo stroitelstva: postanovleniye Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 5 maya 2007 g. N 265. – URL: http://www.consultant.ru.

3. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. O vnesenii izmeneniy v Gradostroitelnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii, otdelnyye zakonodatelnyye akty Rossiyskoy Federatsii v chasti

sovershenstvovaniya regulirovaniya podgotovki, soglasovaniya i utverzhdeniya dokumenta-tsii po planirovke territorii i obespecheniya kompleksnogo i ustoychivogo razvitiya territoriy i priznanii utrativshimi silu otdelnykh polozheniy zakonodatelnykh aktov Rossiyskoy Federatsii: federalnyy zakon ot 03.07.2016 g. № 373-FZ. – URL: http://www.consultant.ru.

4. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. O vnesenii izmeneniy v gradostroitelniy kodeks Rossiyskoy Federatsii i otdelnye zakonodatelnye akty Rossiyskoy Federatsii v tselyah obespecheniya kompleksnogo razvitiya territoriy [On Amendments to the Town- planning Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation in order to ensure the integrated development of territories] : Federalniy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 2020 goda № 494-FZ : [redaktsiya ot 14 avgusta 2020 goda]. – URL: http://www.consultant.ru.

5. Standart kompleksnogo razvitiya territoriy, razrabotannyi Minstroem Rossii i DOM.RF vmeste s KB Strelka po porucheniyu Predsedatelya Pravitelstva RF [The standard of integrated development of territories developed by the Ministry of Construction of Russia and DOM.RF together with Strelka Design Bureau on behalf of the Prime Minister of the Russian Federation]. – URL: https://www.dom.rf/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy /? ysclid =l dmyb00lzb493840952.

6. «Standart» OOO Strelka: 5 knig: 2 kataloga. Standart kompleksnogo razvitiya territorij: v 6 knigax: 4 kataloga [Standard LLC Strelka: 5 books: 2 catalogs. The standard of integrated development of territories: in 6 books: 4 catalogs] / Ministerstvo stroitel`stva i zhilishhno-kommunal`nogo khozyajstva Rossiyskoy Federatsii; DOM. RF; KB «Strelka». URL:https://дом.рф/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/.

7.Moskovskaya oblast. Zakony. O razvitii i reorganizatsii proizvodstvennykh zon g. Moskvy [Elektronnyy resurs]: postanovleniye Pravitelstva Moskvy ot 04.04.1995g. N 276. – URL: http://www.consultant.ru.

8. Vlasova, M. F. Redevelopment promyshlennykh territoriy goroda / M. F. Vlasova, A. A. Chizhova, S. N. Nekrasov. – // Rossiyskiye regiony v fokuse peremen. – CH. 1. – Yekaterinburg, 2018. – 2018. – T. 1. – №. 12. – S. 323-334.

9. Promzona «ZIL» // Kompleks gradostroitelnoy politiki i stroitelstva goroda-Moskvy. – URL: https:// stroi.mos.ru / construction/2213.

10 Zhiloy rayon «Lesnaya polyana» g. Kemerovo // OOO «Arkhi.ru».– URL: https://archi.ru/ projects/russia/14385/zhiloi-raion -lesnaya-polyana-g-kemerovo.

11. Pustyye fontany i otmenennaya naberezhnaya: opaseniye i nadezhdy Lesnoy polyany. 2022 g. // Gazeta A42. – URL: https: //gazeta.a42.ru /lenta/ articles/140055-pustye-fontany-i-otmenyonnaya-nabereznaya-opaseniya-i-nadezdy-lesnoi-polyany.

12. O rayone Akademicheskiy // AO Spetsializirovannyy zastroyshchik «RSG - Akademicheskoye». – URL: https: //akademicheskiy.org/about/#:~:text= Akademicheskiy% 20 —% 20samyy %20novyy%2C%20yarkiy,Krupneyshiy% 20 gradostroitelnyy% 20proyekt% 20v% 20Evrope.

13. Master-plan renovatsii rayona Avain // Proyektno-konsaltingovaya kompaniya OOO «Novaya zemlya». – URL: https:// www. nzemlya.com /avainderbent.

14. Start KRT v Uralmashe // Novosti Yekaterinburga. – URL:https://ekburgnews. ru /start-krt-na-yralmashe/.

15. Susorov, E. Perspektiva-2030: Uralmash i Elmash posle KRT / E. Susorov // Informatsionnoye agentstvo «Uralinformbyuro». –URL :https://finance.rambler.ru/ realty /48021357/? utm_content=finance_media&utm_medium= read_more&utm_source=copylink .

**© Л. Н. Орлова, С. В. Норенков, В. А. Денисова, 2024**

Получено: 15.01.2024 г.

**УДК 711.438**

**Е. А. КРЫЛАСОВА, аспирант кафедры градостроительства**

# ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ РАССЕЛЕНИЯ, АДАПТИРУЕМЫЕ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ СО СЛАБО ИНТЕГРИРОВАННЫМИ МАЛЫМИ ПОСЕЛЕНИЯМИ

НОЦ УРБАНИСТИКА МАРХИ
Россия, 107031, г. Москва, ГСП, ул. Рождественка, д. 11. Тел.: + 7 (910) 890-21-56; эл. почта: krylasova.ekaterina@ya.ru
*Ключевые слова*: локальные градостроительные кластеры, системы расселения, градостроительные модели, малые поселения.

*Рассмотрены современные зарубежные градостроительные модели систем расселения. Определены общие градостроительные принципы систем расселения. Предпринята попытка формирования прототипа для перспективной градостроительной модели расселения.*

С момента деиндустриализации малых поселений[1] в период распада СССР в условиях сменяющихся экономических депрессий и рецессий в современной России уровень развития многих небольших населенных пунктов стал ниже, чем в середине XX века[2]. Для предотвращения риска утраты малых поселений, сохранения культурной идентичности, целостности и освоенности территорий Российской Федерации они вновь стали объектами приоритетного социально-экономического и градостроительного развития, согласно Стратегии пространственного развития Российской Федерации [1]. Территории как природный ресурс и люди как основной капитал государства являются ключом к развитию экономики и повышению уровня жизни. Обратная миграция в экологически чистые районы позволила бы снизить антропогенную нагрузку на города, повысить продолжительность и качество жизни людей.

Многие перспективные для развития территории остаются невостребованными из-за вялотекущей и стабильной миграции населения в более крупные поселения [1]. Причинами переезда, как правило, являются отсутствие современной инженерной инфраструктуры, социального сервиса и рабочих мест. В малых поселениях также наблюдается недостаток средств на модернизацию среды, несопоставимый уровень расходов с доходами, несвязность с другими поселениями, недостаток образованных людей, низкий уровень зарплат, неудовлетворительное качество градостроительной среды, транспортная изолированность, демографический застой.

[1]Малые поселения (авт.) – малые города и сельские населенные пункты с общей постоянной численностью населения, не превышающей 50 000 человек, для которых свойственны национально-культурная идентичность, соседство с естественным природным комплексом, социальная и пространственная компактность.

[2]Географ Лаппо Г. М. справедливо отметил: «малые города являются истинными индикаторами состояния страны» (*Лаппо, Г. М.* Города России: энциклопедия / Г. М. Лаппо // Москва: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия»; ТЕРРА – Книжный клуб, 1998, – 559 с.: ил., карты.).

На уровне пространственной организации требуется разработать современные градостроительные модели поселений и систем расселения, структура которых будет способствовать формированию наиболее эффективных межселенных связей и комфортных условий проживания. Заимствование, преобразование и адаптация под отечественные реалии существующего положительного зарубежного опыта (стран с высоким уровнем социально-экономического развития), позволит создать «рабочие» модели пространственной организации поселений и систем расселения. Для достижения данной цели необходимо выявить преобладающие типы пространственной организации зарубежных систем расселения как образцов успешной интеграции малых поселений в общую сеть расселения и характерные социально-экономические особенности различных моделей.

К рассмотрению и анализу в данной статье предложено 5 зарубежных моделей: *Европейская модель «Глобальная деревня», Американская модель «Прямоугольная конурбация», Английская модель «Новый регионализм», Итальянская модель «Медленный город (медленное движение)»*, *Японская модель «Синурбия (треугольная конурбация)»*[3].

***Европейская модель «Глобальная деревня»*** (рис. 1), описанная в 2012 г. Маклюен, М., Фиоре К. в книге «Война и мир в глобальной деревне» [2]. Сеть населенных пунктов среднего размера без деления на «городские» и «сельские», в которых реализуются экологические стандарты жизни и строительства. Для модели «Глобальная деревня» характерны: взаимная удаленность поселений – 2-5 км, плотность населения – 106 чел./км$^2$, малоэтажная застройка с преобладанием частного сектора, смешанные формы экономической занятости с маятниковой миграцией в течение суток, небольшая численность населения при очень высоком уровне социальной и транспортной инфраструктурной обеспеченности. Связность поселений реализована за счет хорошо развитой высокоскоростной транспортной сети и широкой доступности личного автомобильного транспорта.

*Авторская оценка.* Модель «глобальной деревни» формировалась, например, в Швейцарии многие столетия и является естественной эволюционной формой расселения. Модель «глобальной деревни» является примером дисперсного расселения с быстро достижимыми поселениями и развитым социальным сервисом в каждом из них. Реализация модели в том виде, что она есть, в России не целесообразна, потому что модель предусматривает наличие социального сервиса в каждом поселении. В России при расположении поселений в шаговой доступности друг от друга (не более 2 км), рационально развивать социальный сервис на межселенных территориях в равной шаговой и транспортной доступности для большинства соседствующих поселений.

***Американская модель «Прямоугольная конурбация»*** (рис. 2), описанная в 2021 г. Поляковым, А., Вархотовым, Т. в книге «Terra Urbana. Города, которые мы п...м». Иерархичная регулярная структура поселений, для которой характерна «вложенность» прямоугольной или квадратной сетки меньшего членения с малыми и микро-поселениями в крупную сеть средних и более крупных поселений. Малые поселения располагаются в транспортных узлах, а более

[3]Данные модели были выбраны как образцы успешного включения малых поселений в общую систему расселения в странах с уровнем социально-экономического развития «выше среднего» и «высокого».

мелкие поселения – вдоль автомобильных дорог. Американская градостроительная модель малых поселений в виде субурбий[4], пригородов[5] и квази-городов[6] является частью градостроительной модели большего размера – агломерации.

*Авторская оценка.* Характерными системами расселения в России являются групповые, линейные и смешанные, согласно авторскому анализу расположения поселений на территории Нижегородской области. Регулярные структуры будут инородными и в конечном счете преобразованными в типичные для нашей страны. Потенциал существующих поселений не исчерпан, поэтому строительство новых дорог и поселений на месте, где их никогда не было, с целью реализации американской градомодели в том виде, что она есть, нецелесообразно.

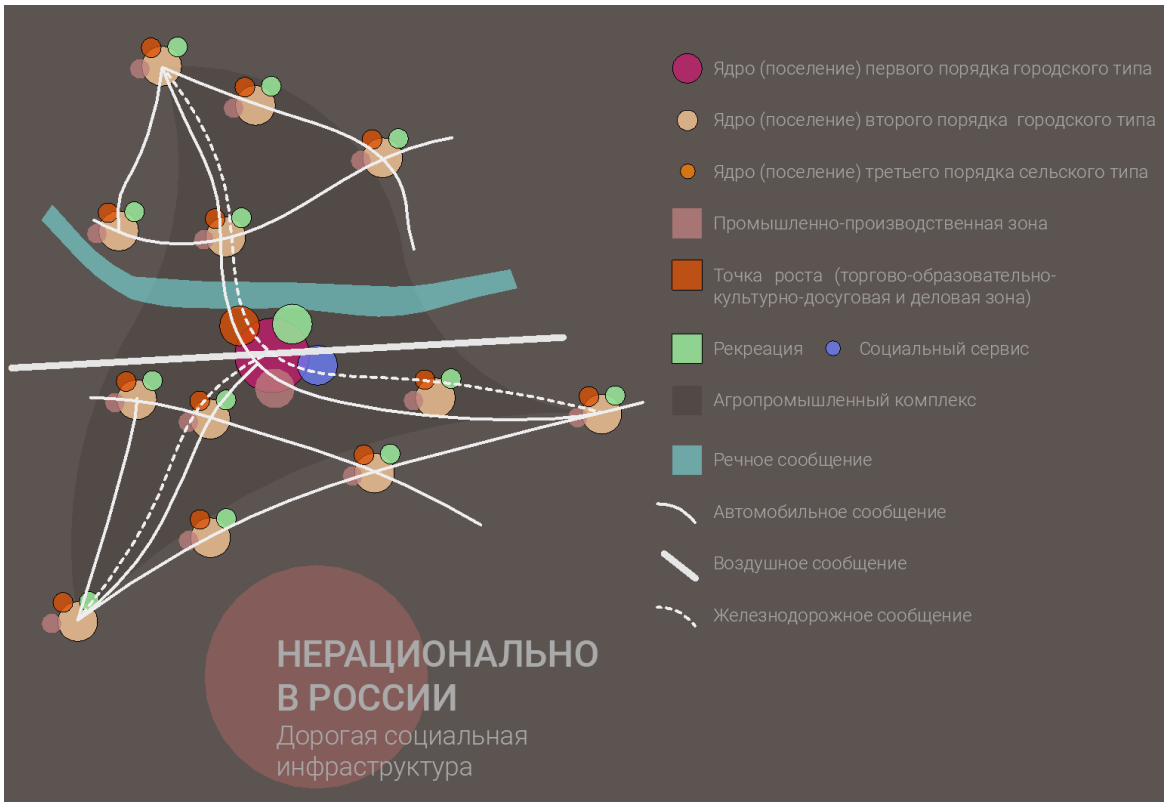



Рис. 1. Европейская модель «Глобальная деревня»

[4]Субурбия (авт.) – микрорайоны, входящие в состав города вдоль границ поселения, как правило, с преобладающей малоэтажной и частной застройкой.
[5]Пригород (авт.) – населенная территория, примыкающая к границам города или находящаяся в непосредственной близости к ним.
[6]Квази-город (авт.) – населенная территория, имеющая внешние признаки города, но не являющаяся им.

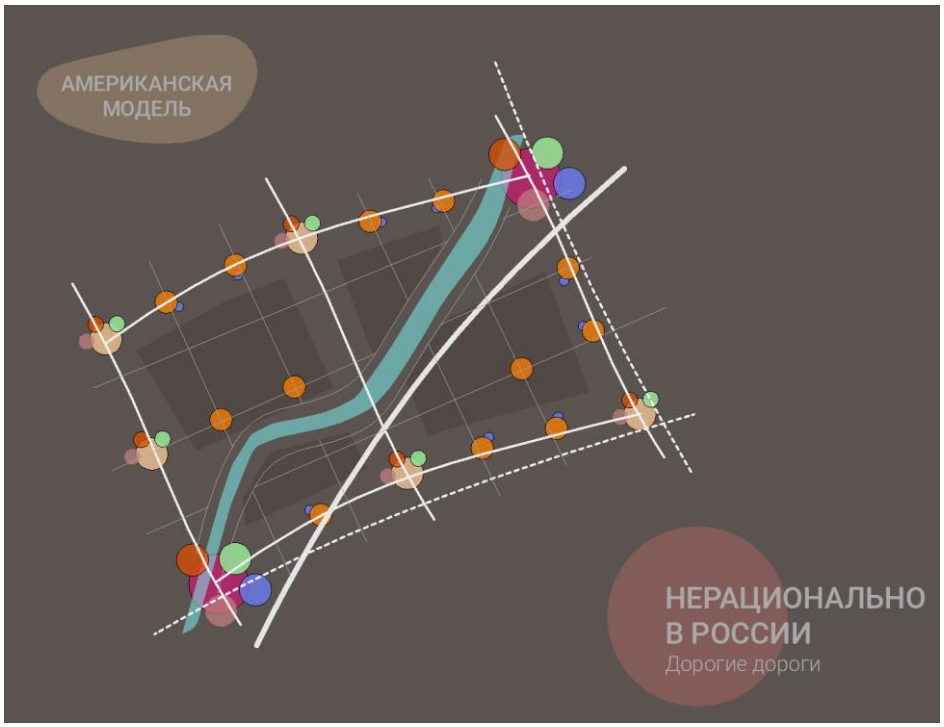



Рис. 2. Американская модель «Прямоугольная конурбация»

***Английская модель «Новый регионализм»*** (рис. 3), описанная в 2000 г. *Tomaney J., Ward N.* в статье “*England and the 'new regionalism*” [3]. Сеть агломераций, состоящих из множества поселений различного размера, не имеющих одного выраженного центрального ядра с высокоплотной сетью связей (экономических, транспортных, культурных и пр.), соединяющих агломерации между собой и приводящих их к «главному поселению». «Новый регионализм» представляет собой локальные сети, которые выделяются достаточно условно: по разным основаниям одно и то же поселение может входить в разные системы. Главное преимущество – эффект единства социальной системы: группа поселений, входящих в один «функциональный регион», поддерживаются между собой хозяйственными и другими связями, оставаясь административно независимыми, кооперируясь в рамках одних видов деятельности и конкурируя в других (идея «*коопконкуренции*»).

*Авторская оценка.* Сильной стороной английского подхода является создание сети *коопконкурирующих* разноразмерных агломераций, связанных между собой и главным поселением транспортным сообщением. Автономные в экономическом плане поселения, с одной стороны, и вступающие в кооперации, с другой, являются примером эффективного подхода в области пространственной организации и управления. Борьба за человеческий капитал среди поселений позволяет создавать более комфортную и привлекательную городскую среду.

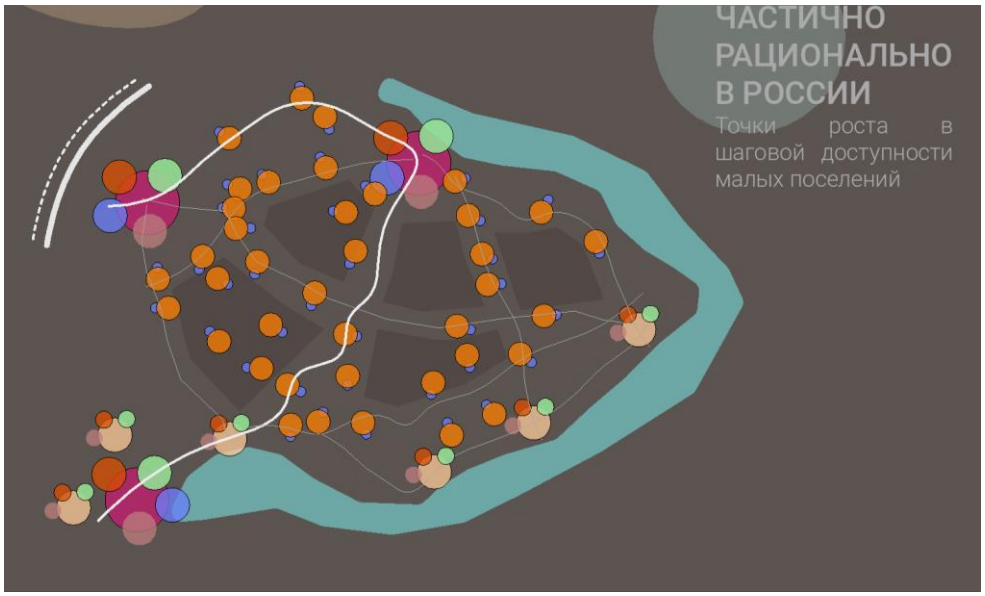



Рис. 3. Английская модель «Новый регионализм» (усл. обозначения см. на рис. 1)

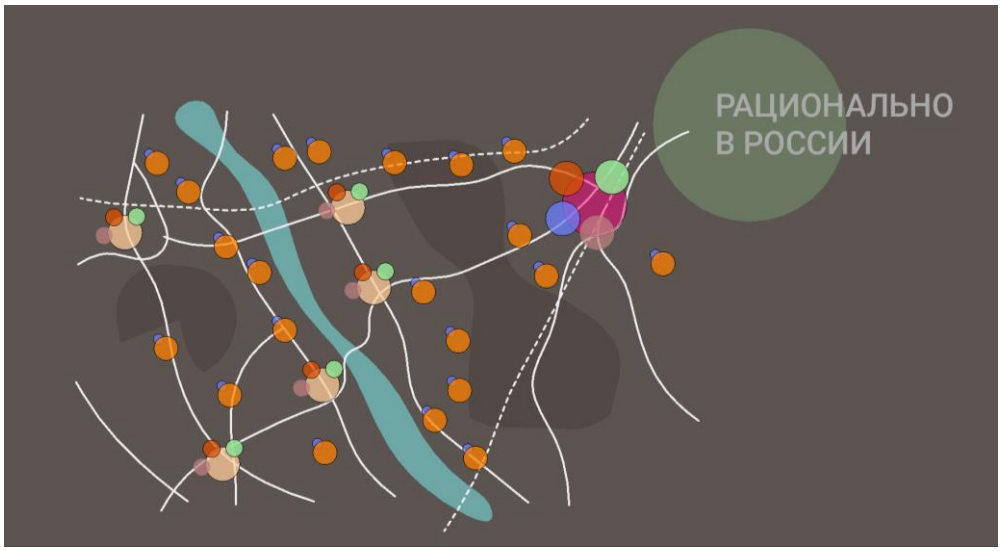



Рис. 4. Итальянская модель «Медленный город» (усл. обознасения см. на рис. 1)

***Итальянская модель «Медленный город (медленное движение)»*** (рис. 4), описанная в 2011 г. *Radstrom, S. A.* в статье "*PlaceSustaining framework for local urban identity: An introduction and history of Cittaslow*" [4]. Сеть городов, тесно связанных с окружающими сельскими территориями, в которых учтены принципы сокращения количества дизельного транспорта и уличного шума, создания зеленых и пешеходных зон, поддержки местных фермеров и коммерции, предлагающих их продукцию, поощрения использования экологических технологий, сохранения местных традиций, воспитания духа добрососедства и гостеприимства. «Медленное движение» – гедонистическая идеология возвращения к умиротворенной и неспешной жизни, освобожденной от суетного потребления, повседневного стресса и направленной на достижение удовольствия

от жизни. Медленное движение предлагает относиться к человеку и окружающей среде как к высшей ценности.

*Авторская оценка.* Модель «медленного города» в части «неспешной жизни» наблюдается в большинстве малых поселений России. Другие составные части концепции не реализованы. Создание сети полноценных «медленных» поселений позволит воплотить лучшие аспекты современной жизни (современный сервис и инфраструктура) и сохранить историческую структуру и форму поселения.

***Японская модель «Синурбия (треугольная конурбация)»***, описанная в 2021 г. Поляковым, А., Вархотовым, Т. в книге «Terra Urbana. Города, которые мы п...м» [5]. Сеть поселений, связанных между собой автомобильным, железнодорожным, речным и воздушным транспортом. В основе модели три города – три ядра с развитым промышленным производством, размещенных на расстоянии друг от друга не более 150 км, образующими равносторонний треугольник. К каждому ядру примыкают малые поселения. В центре треугольника размещена *точка роста*, доступность которой обеспечивается за счет железной дороги. Внутри треугольника расположены предприятия АПК. В поселениях размещены образовательные, медицинские, спортивные, развлекательные и др. учреждения.

*Авторская оценка.* Компактная модель расселения, в которой пути сообщения максимально оптимизированы, предоставлена равная доступность и достижимость жителей разных поселений к высокоразвитому социальному сервису в «точке роста», является современной и социально-ориентированной.

***Вывод.*** Рассмотрев европейскую модель «Глобальная деревня», американскую модель «Прямоугольная конурбация», английскую модель «Новый регионализм», итальянскую модель «Медленный город (медленное движение)», японскую модель «Синурбия (треугольная конурбация)», можно выделить ***общие принципы расселения***:

*– дисперсное расположение автономных (экономически независимых) поселений;*

*– групповое расположение взаимозависимых поселений внутри агломерации;*

*– безъядерную или полицентрическую структуру градомодели;*

*– высокий уровень достижимости поселений*[7] *внутри одной системы расселения;*

*– удаленность малых и микро-поселений от шумных больших поселений;*

*– уход от делимости поселений на «городские» и «сельские»;*

*– наличие естественного природного комплекса.*

***Характерные социально-экономические особенности:***

*– городской образ жизни в «сельских» поселениях; *

*– высоко развитый социальный сервис в автономных поселениях; – высокоразвитая городская инфраструктура независимо от размерности поселения;*

*– следование экостандартам в строительстве, эксплуатации зданий и образе жизни;*

*– социальная вовлеченность населения в городскую жизнь;*

*– приоритет местного локального производства.*

[7]Расстояние стало вторичным при развитии скоростного транспорта, так как достижимость объектов выросла кратно [5].

Отдельно необходимо отметить, что концепцию «Глобальной деревни» можно считать эталоном, который будет оправдан в России при высоком социально-экономическом уровне развития. Развитие малых поселений в современных экономических реалиях необходимо вести иным образом, например, по пути локальной кластеризации. Локальные градостроительные кластеры[8], в которых предоставлена равная доступность жителей разных поселений к высокоразвитому социальному сервису [7], может стать прототипом для перспективной градостроительной модели расселения. Локальные кластеры (с шаговой доступностью [8] и достижимостью [5]) могут размещаться вдали от шумных магистралей в непосредственной близости к естественному природному комплексу. Перспективная градостроительная модель может быть основана на прототипах макропространств – пешеходных ареалов с выраженными условиями территориальной идентичности [8] с распределением застройки внутри поселений и самих поселений с учетом транспортных поясов[9], выделенных Моисеевым Ю. М. и Зиятдиновым Т. З. [9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 года № 207-р. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/rasporyazhenie_ot_13_fevralya_2019_g_207_r.html (дата обращения 18.11.2023 г.). – Текст : электронный.
2. Маклюен, М. Война и мир в глобальной деревне / М. Маклюэн, К. Фиоре ; перевод с английского И. Летберга. – Москва : АСТ, 2012. – 219 с. – ISBN 978-5-271-39408-9. – Текст : непосредственный.
3. Tomaney, J. England and the 'new regionalism' : scientific article / J. Tomaney, N. Ward. – Text : electronic // Regional Studies : monthly peer-reviewed academic journal. - United Kingdom : Routledge, 2000. – Volume 34.5. – P. 471–478. – URL: https://www.researchgate.net/publication/24087489_England_and_the_'New_Regionalism' (date of application 03.11.2023 year). – ISSN: 0034-3404 (Print) 1360-0591 (Online).
4. Radstrom, S. A. PlaceSustaining framework for local urban identity: An introduction and history of Cittaslow : scientific article / S. A. Radstrom. – Text : electronic // IJPP (Italian Journal of Planning Practice) : a fully open access academic journal. – Italy : Paolo Scattoni, 2011. – Volume I, issue 1. – P. 90–113. – URL : https://www.researchgate.net/publication/306150944_A_Place-Sustaining_Framework_for_Local_Urban_Identity_an_Introduction_and_History_of_Cittaslow (date of application 03.10.2023 year). – ISSN: 2239-267X.

[8]Локальный градостроительный кластер – самодостаточный пространственный компонент, структурированный системой внутренних связей профильных производственных предприятий, исследовательских и экспериментальных организаций, коммерческих компаний и государственных институтов на базе существующего урбанизированного образования и в соответствии с его историческим потенциалом [6].

[9]Выделены 4 пояса транспортной доступности агломерационных ядер: 1-й пояс – в пределах 15 минут, 2-й пояс – 15–30 минут, 3-й пояс – 30–45 минут, 4-й пояс – 45–60 минут. Рост численности населения зафиксирован в первом пригородном поясе, где в среднем он составляет 13,7 %. Во втором, третьем и четвертом поясах прослеживаются разнонаправленные тренды, но в целом в каждом из них по всем агломерациям зафиксирована депопуляция. При этом убыль населения возрастает с удалением пояса от города-центра агломерации [9].

5. Поляков, А. Terra Urbana. Города, которые мы п...м / А. Поляков, Т. Вархатов. – Москва : Эксмо, 2021. – 368 с. : ил. – ISBN 978-5-04-122245-1. – Текст : непосредственный.

6. Благовидова, Н. Г. Кластерный метод формирования устойчивых исторических поселений / Н. Г. Благовидова, Н. В. Юдина. – Текст : электронный // Architecture and Modern Information Technologies = Архитектура и современные информационные технологии : международный электронный сетевой научно-образовательный журнал. – Москва, 2019. – № 4(49). – С. 183–200. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2019/4kvart19/PDF/12_blagovidova.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

7. Крыласова, Е. А. В поиске новых прототипов для территорий общественных центров / Е. А. Крыласова. – Текст : непосредственный // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тезисы докладов международной научно-практической конференции, 4-8 апреля 2022 г. / Московский архитектурный институт. – Москва, 2022. – С. 323. – ISBN 978-5-907303-30-0.

8. Крашенинников, А. В. Макро-пространства городской среды / А. В. Крашенинников. – Текст : электронный // Architecture and Modern Information Technologies = Архитектура и современные информационные технологии : международный электронный сетевой научно-образовательный журнал. – Москва, 2016. – № 3(36). – С. 1–11. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2016/3kvart16/krasheninnikov/abstract.php (дата обращения: 03.12.2022).

9. Моисеев, Ю. М. Агломерации крупных городов: динамика периферии / Ю. М. Моисеев, Т. З. Зиятдинов. – Текст : электронный // Проблемы современной урбанизации: преемственность и новации : сборник статей Международной конференции, Москва, 22–23 марта 2022 года. – Москва, 2022. – С. 78–85. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49342177_96787545.pdf (дата обращения: 03.12.2022).

**KRYLASOVA Ekaterina Andreevna, undergraduate student of architecture, postgraduate student of the faculty of the urban development**

## URBAN PLANNING MODELS OF SETTLEMENT SYSTEMS ADAPTED FOR TERRITORIES WITH POORLY INTEGRATED SMALL SETTLEMENTS

Scientific Educational Center (SEC) URBANISTICS of Moscow Architectural Institute
11, Rozhdestvenka St., Moscow, GSP, 107031, Russia. Tel.: +7 (910) 890-21-56;
e-mail: krylasova.ekaterina@ya.ru
*Key words*: local urban clusters, settlement systems, urban planning models, small settlements.

*The article considers modern foreign urban planning models of settlement systems. The general urban planning principles of settlement systems are defined. An attempt has been made to form a prototype for a promising urban planning model of settlement.*

REFERENCES

1. Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda [The Spatial development strategy of the Russian Federation for the period up to 2025] : utverzhd. rasporyazheniem Pravit-va RF ot 13 fevralya 2019 goda № 207–R. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/rasporyazhenie_ot_13_fevralya_2019_g_207_r.html (data obrashcheniya 11/18/2023).

2. McLuhan M., Fiore K. Voyna i mir v globalnoy derevne [War and Peace in the global village]; perevod s angl. I. Letberga. – Moscow : ACT, 2012. – 219 p. – ISBN 978-5-271-39408-9.

3. Tomaney J., Ward N. England and the 'new regionalism' : scientific article / J. Tomaney, N. Ward. - Text : electronic // Regional Studies : monthly peer-reviewed academic journal. – United Kingdom : Routledge, 2000. – Vol. 34.5. – P. 471–478. – URL : https://www.researchgate.net/publication/24087489_England_and_the_'New_Regionalism' (date of application 03.11.2023 year). - ISSN: 0034-3404 (Print) 1360-0591 (Online).

4. Radstrom S. A. PlaceSustaining framework for local urban identity: An introduction and history of Cittaslow : scientific article / S. A. Radstrom. – Text : electronic // IJPP (Italian Journal of Planning Practice) : a fully open access academic journal.- Italy : Paolo Scattoni, 2011. – Vol. I, issue 1. – P. 90–113. – URL : https://www.researchgate.net/publication/306150944_A_Place- for_Local_Urban_Identity_an_Introduction_and_History_of_Cittaslow (date of application 03.10.2023 year). – ISSN: 2239-267X.

5. Polyakov A., Varkhatov T. Terra Urbana. goroda, kotorye my p...m [Terra Urbana. The cities that we ... m] : Moscow : Eksmo, 2021. – 368 p. : il. – ISBN 978-5-04-12225-1.

6. Blagovidova N. G., Yudina N. V. Klastorny metod formirovaniya ustoychvykh istoricheskikh poseleniy [Cluster method of formation of stable historical settlements] // Architecture and Modern Information Technologies = Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii : mezhdunarod. electron. setevoy nauchno-obrazov. zhurnal. – Moscow, 2019. – № 4(49). – P. 183-200. – URL : https://marhi.ru/AMIT/2019/4kvart19/PDF/12_blagovidova.pdf (data obrashcheniya 10.11.2023).

7. Krylasova E. A. V poiske novykh prototipov dlya teoriy obshchestvennykh tsentrov [In search of new prototypes for the territories of public centers] // Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie [Science, education and experimental design] : tezisy dokladov mezhdunarod. nauchno-praktich. konferentsii, 4–8 aprelya 2022 g. / Moskov. arkhitektur. in-t. – Moscow, 2022. – P. 323. – ISBN 978-5-907303-30-0.

8. Krasheninnikov A. V. Makro-prostranstva gorodskoy sredy [Macro-spaces of the urban environment] // Architecture and Modern Information Technologies = Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii : mezhdunarod. electron. setevoy nauchno-obrazov. zhurnal. – Moscow, 2016. – № 3(36). – P. 1–11. – URL : https://marhi.ru/AMIT/2016/3kvart16/krasheninnikov/abstract.php (data obrashcheniya: 03.12.2022).

9. Moiseev Yu. M., Ziyatdinov T. Z. Aglomeratsii krupnykh gorodov: dinamika periferii [Agglomerations of large cities: dynamics of the periphery] // Problemy sovremennoy urbanizatsii: preemstvennost i novatsii [Problems of modern urbanization: continuity and innovations] : sbornik statey Mezhdunarod. konferentsii, Moskva, 22-23 marta 2022. – Moscow, 2022. – P. 78–85. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49342177_96787545.pdf (data obrashcheniya: 03.12.2022).

**© Е. А. Крыласова, 2024**

Получено: 15.01.2024 г.

**УДК 004.94:692.25**

**Е. В. КОНОПАЦКИЙ[1], д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой инженерной графики и информационного моделирования; Д. В. МОНИЧ[1], д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой архитектуры; М. В. БЕЗСОЛЬНОВ[1], ассистент кафедры инженерной графики и информационного моделирования; В. А. ВОПИЯШИН[2], разработчик информационных моделей**

# ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ ПЕРЕГОРОДОК С РАЦИОНАЛЬНЫМИ КОНСТРУКТИВНЫМИ РЕШЕНИЯМИ

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 434-10-34; эл. почта: e.v.konopatskiy@mail.ru
[2]ООО «БИМТЕХ
Россия, 603105, г. Н. Новгород, ул. Ошарская, д. 96А
*Ключевые слова:* BIM, LOD, ограждающие конструкции, звукоизолирующие перегородки, стена, витраж, импост.

*Представлены результаты информационного моделирования новых типов звукоизолирующих перегородок, предназначенных для применения в гражданском и промышленном строительстве. Результатом данной работы является шаблон проекта, реализованный в Autodesk Revit, в котором размещены все типоразмеры в двух уровнях проработки LOD300 и LOD400 с заполненными свойствами и материалами. Также были разработаны информационные модели легких перегородок с рациональными конструктивными решениями: легких перегородок с антирезонансными панелями, легких перегородок из бескаркасных сэндвич-панелей с пазогребневым соединением среднего слоя, легких каркасно-обшивных перегородок с антирезонансными панелями.*

В современном строительстве актуальным вопросом является разработка BIM-моделей для ограждающих конструкций зданий [1–3]. Это необходимо на основных этапах жизненного цикла объектов капитального строительства: при разработке проектно-сметной документации, строительстве, эксплуатации и реконструкции зданий. Зачастую производители строительных материалов самостоятельно формируют информационные модели своих изделий, совместимые с различными программными пакетами для более эффективного их внедрения в инженерную практику и сокращают время разработки проектной документации. Не исключением являются и звукоизолирующие ограждающие конструкции зданий. Например, в работе [4] рассматривается возможность использования в строительстве информационных моделей на основе звукоизоляционных систем компании КНАУФ. Подобные каталоги можно скачать не только на сайте производителя строительных материалов, но и на сайтах разработчиков программного обеспечения по информационному моделированию строительных конструкций, зданий и сооружений. Такой подход является достаточно эффективным, но не учитывает возможность использования

новых строительных материалов, изделий и конструкций, обладающих улучшенными гидро-, тепло- и звукоизолирующими свойствами.

Сама по себе информационная модель любых ограждающих конструкций зданий имеет двойное назначение, которое связано не только с хранением и доступом к информации о форме конструкции и физико-механических свойствах материалов, но и несет в себе сочетание геометрической и атрибутивной информации, необходимой для инженерных расчетов строительных конструкций.

В данной статье рассматривается создание информационных моделей для трех новых типов звукоизолирующих легких перегородок, разработанных на кафедре архитектуры ННГАСУ в период с 2014 по 2022 гг.: легких перегородок с антирезонансными панелями, легких перегородок из бескаркасных сэндвич-панелей с пазогребневым соединением среднего слоя, легких каркасно-обшивных перегородок с антирезонансными панелями. Данные ограждения запатентованы и внедрены в практику строительства на основании лицензионных договоров. Их основным преимуществом перед ограждениями-аналогами является наличие рациональных конструктивных решений, обеспечивающих выполнение нормативных требований по звукоизоляции без значительного увеличения массы и толщины. Разработка рациональных конструктивных решений была проведена в соответствии с методологией [5], основанной на теории самосогласования волновых полей.

Для использования новых типов звукоизолирующих перегородок с рациональными конструктивными решениями в практике проектирования, был разработан специализированный шаблон для системы информационного моделирования *Autodesk Revit* 2019. Выбор системы информационного моделирования обосновывается широким функционалом *Autodesk Revit*, который в отличие от многих других BIM-систем обеспечивает возможность добавления атрибутивных свойств в виде физическо-механических параметров новых звукоизоляционных материалов, что обеспечивает более качественное взаимодействие с системами конечно-элементного анализа.

В результате были разработаны две группы конструкций с различными уровнями детализации. К первой группе относится упрощенная форма представления ограждающих конструкций с помощью инструмента «Стена», соответствующие LOD300. Все типоразмеры имеют структуру материалов (рис. 1), полностью соответствующие конструкциям рассматриваемых перегородок и требованиям информационного моделирования.

Также были добавлены и заполнены физико-механические свойства материалов (см. рис. 2*а*), которые были получены в результате экспериментальных исследований звукоизоляции ограждающих конструкций в лабораторных условиях. Данные свойства будут использоваться в дальнейшем для акустических расчетов, а также при выполнении проектной и рабочей документации. При этом каждая ограждающая конструкция имеет свой типоразмер (см. рис. 2*б*).

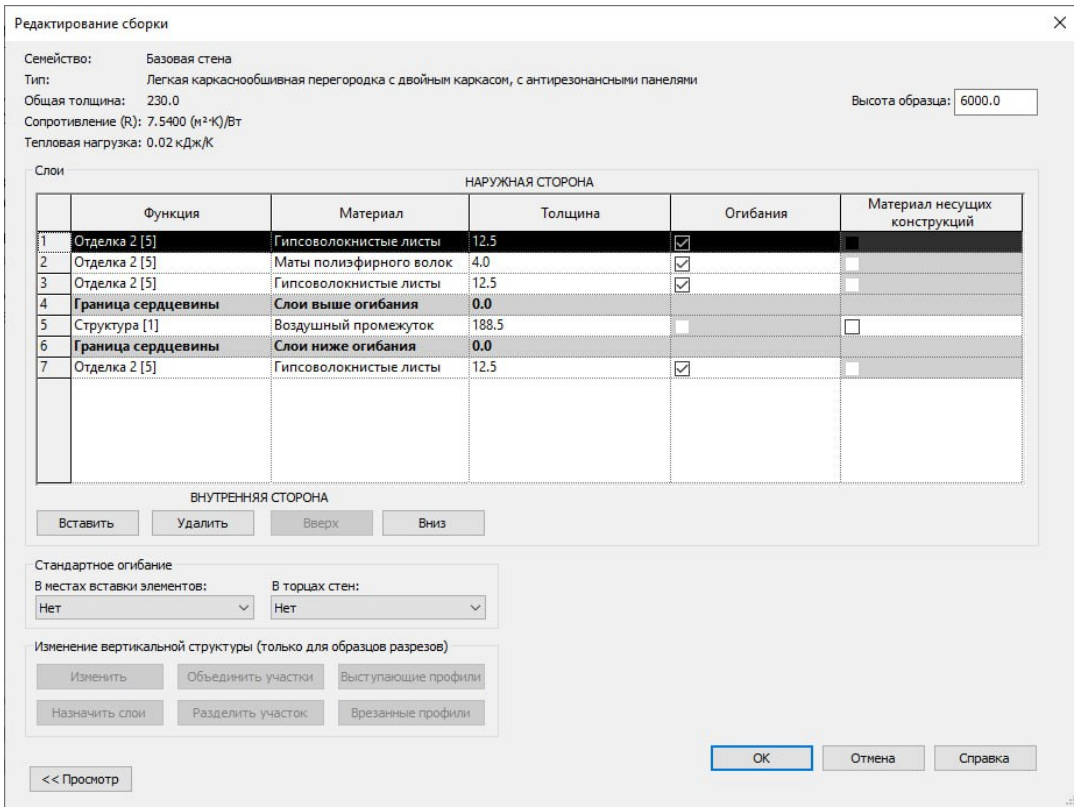
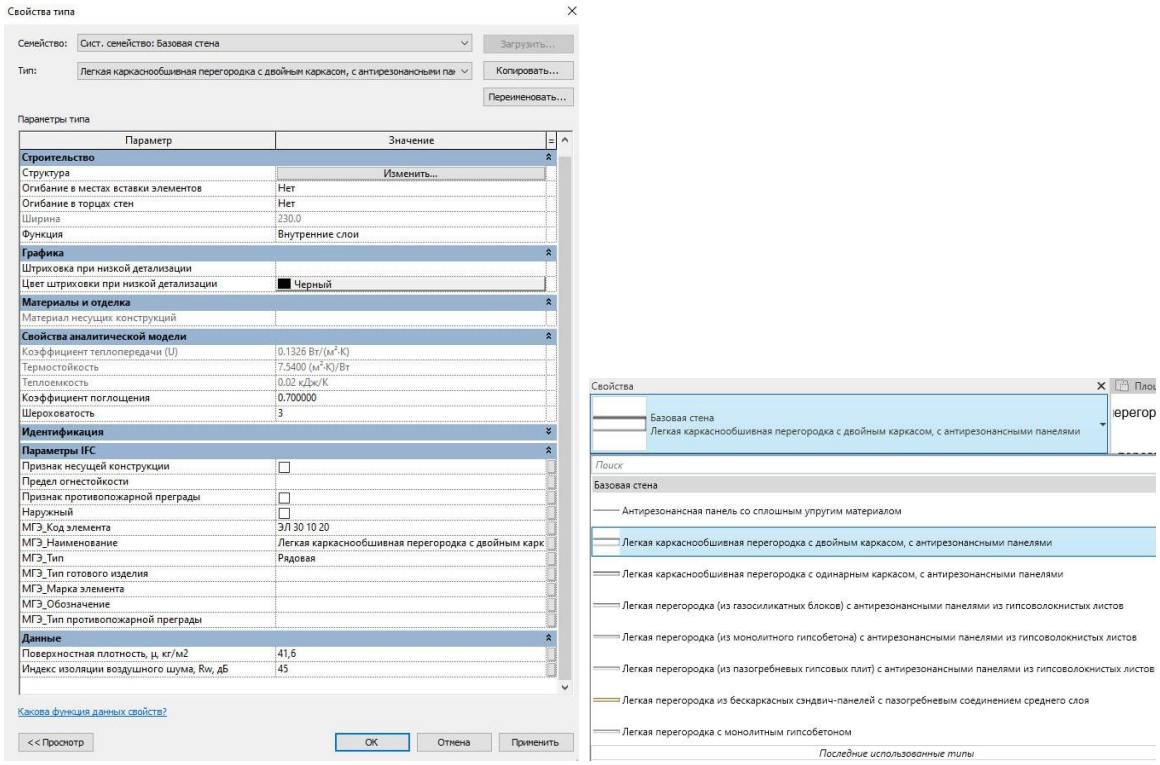



Рис. 1. Послойная структура звукоизолирующей легкой перегородки




*а* *б*

Рис. 2. Заполнение сведений о звукоизолирующих легких перегородках: *а* – по физико-механическим свойствам материалов; *б* – по типоразмерам ограждений

Вторая группа конструкций, соответствующая LOD400, выполнена с комбинацией двух инструментов *Autodesk Revit*: «Стена» и «Витраж». Это позволяет реализовать цифровые двойники ограждающих конструкций, полностью соответствующие реальным, и получить максимально точную ведомость материалов при составлении проектной документации. Применение инструмента «Витраж» позволяет указать точную разрезку панелей (см. рис. 3, 4) и выполнить схему монтажа легкой перегородки в соответствии с реальными размерами помещения в здании. Это позволяет внести в спецификацию материалов требуемое количество панелей.

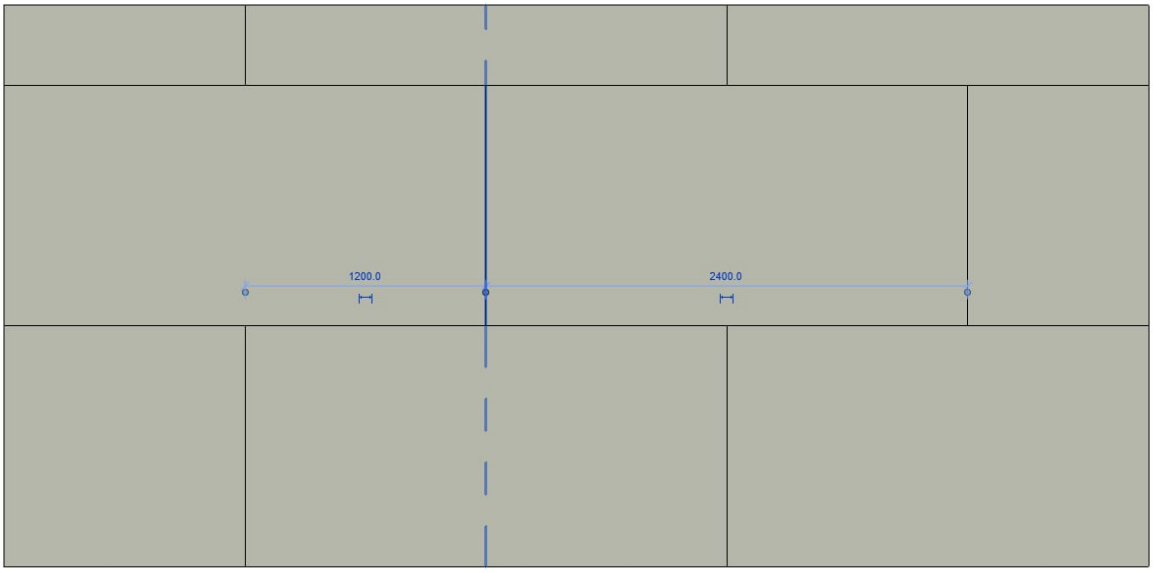



Рис. 3. Пример разрезки листовой обшивки звукоизолирующей легкой перегородки гипсокартонными листами с размерами 2,4×1,2 м

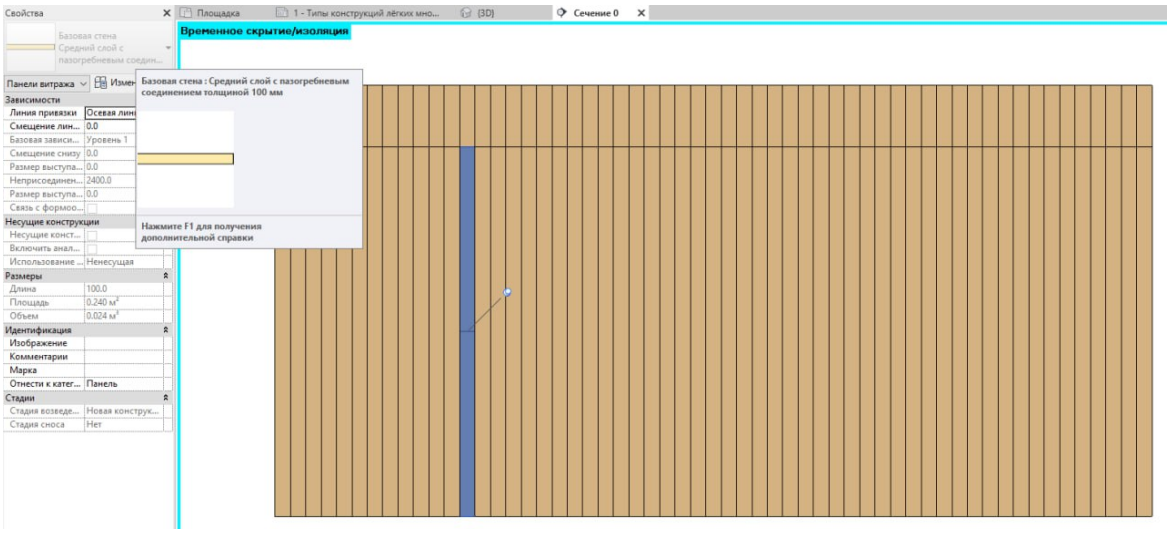
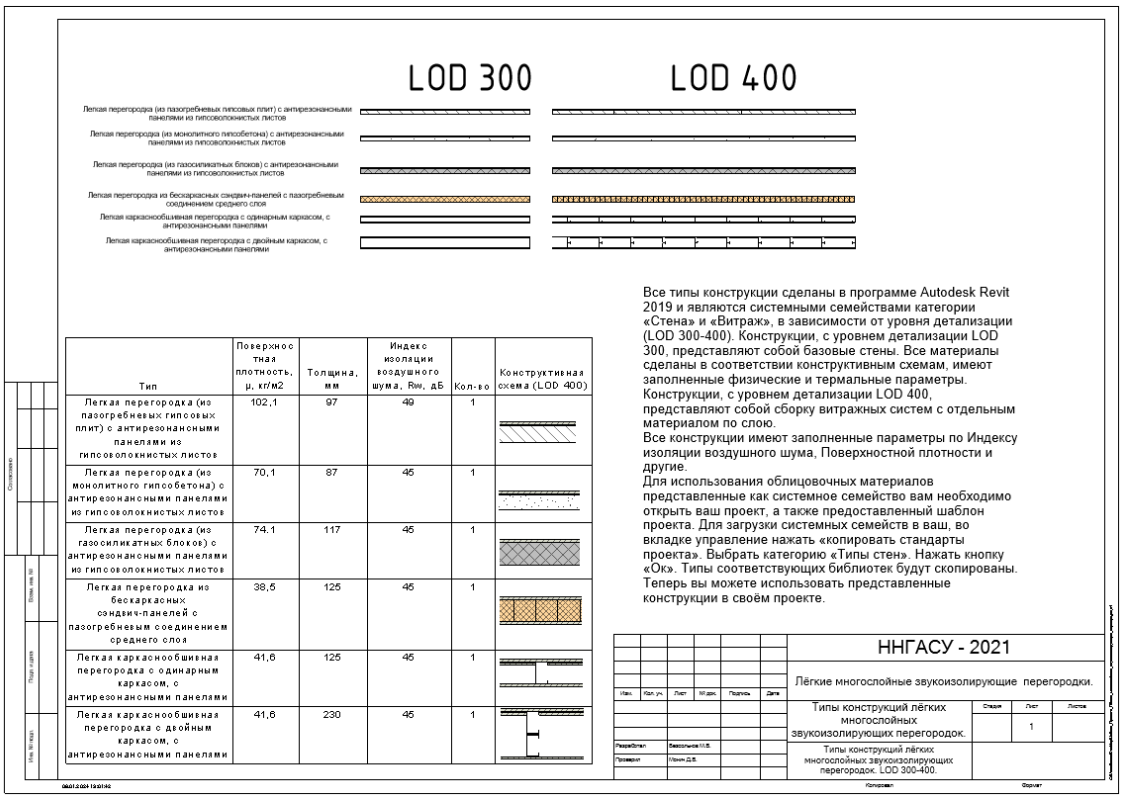



Рис. 4. Пример разрезки внутреннего заполнения сэндвич-панели с пазогребневым соединением среднего слоя

Результатом информационного моделирования рассматриваемых типов звукоизолирующих легких перегородок является шаблон проекта, реализованный в *Autodesk Revit*, в котором размещены все типоразмеры в двух уровнях проработки с заполненными свойствами и материалами (см. рис. 5).




| Тип | Поверхностная плотность, μ, кг/м2 | Толщина, мм | Индекс изоляции воздушного шума, Rw, дБ | Кол-во | Конструктивная схема (LOD 400) |
|---|---|---|---|---|---|
| Легкая перегородка (из пазогребневых гипсовых плит) с антирезонансными панелями из гипсоволокнистых листов | 102,1 | 97 | 49 | 1 | |
| Легкая перегородка (из монолитного гипсобетона) с антирезонансными панелями из гипсоволокнистых листов | 70,1 | 87 | 45 | 1 | |
| Легкая перегородка (из газосиликатных блоков) с антирезонансными панелями из гипсоволокнистых листов | 74.1 | 117 | 45 | 1 | |
| Легкая перегородка из бескарасных сэндвич-панелей с пазогребневым соединением среднего слоя | 38,5 | 125 | 45 | 1 | |
| Легкая каркаснообшивная перегородка с одинарным каркасом, с антирезонансными панелями | 41,6 | 125 | 45 | 1 | |
| Легкая каркаснообшивная перегородка с двойным каркасом, с антирезонансными панелями | 41,6 | 230 | 45 | 1 | |

Рис. 5. Шаблон проекта для применения звукоизолирующих легких перегородок

Учитывая ограничения систем информационного моделирования в части обратной совместимости версий программных продуктов, полученный шаблон можно использовать в любых проектах системы информационного моделирования *Autodesk Revit* 2019 и более поздних версий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сравнительный анализ типовых и энергоэффективных решений малоэтажного жилого здания на основе BIM-модели / В. В. Бредихин, К. Ю. Кулаков, Т. В. Учинина, А. С. Пышная. – Текст : электронный // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2022. – Том 26, № 1. – С. 20–42. – DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-1-20-42.

2. Сравнение результатов энергетического моделирования жилого дома с помощью разных программных средств / Ю. В. Яворовский, И. А. Султангузин, Д. А. Кругликов [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Московского энергетического института. – 2020. – № 3. – С. 31–39. – DOI: 10.24160/1993-6982-2020-3-31-39.

3. Чакин, Е. Ю. Использование BIM-технологий для выбора энергоэффективных теплоизоляционных материалов / Е. Ю. Чакин, О. С. Гамаюнова. – Текст : непосредственный // Инженерные исследования. – 2022. – № 2 (7). – С. 11–21.

4. Использование звукоизоляционных систем КНАУФ для BIM-моделей / М. Д. Бутакова, А. А. Герасимов, А. Е. Сараева, Е. С. Созыкина. – Текст :

непосредственный // Инновации в строительстве. Технологии КНАУФ : материалы 15-й Международной научно-практической конференции, Челябинск, 06–07 декабря 2022 г. / Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск : ПИРС, 2022. – С. 19–25.

5. Монич, Д. В. Методология расчета звукоизоляции и разработки рациональных конструктивных решений легких ограждающих конструкций / Д. В. Монич. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1 (61). – С. 52–61.

**KONOPATSKY Evgeny Viktorovich[1], doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of engineering graphics and information modeling; MONICH Dmitry Viktorovich[1], doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of architecture; BEZSOLNOV Maksim Vladimirovich[1], assistant of the chair of engineering graphics and information modeling; VOPIYASHIN Vladislav Andreevich[2], BIM-developer**

## INFORMATION MODELING OF SOUND INSULATING PARTITIONS WITH RATIONAL DESIGN SOLUTIONS

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 434-10-34;
e-mail: e.v.konopatskiy@mail.ru
[2]JSC "BIMTECH"
96A, Osharskaya St., Nizhny Novgorod, 603105, Russia. Tel: +7 (495) 146-67-77
*Key words:* BIM, LOD, building envelopes, sound insulating partitions, wall, stained glass, imposts.

*The article presents the results of the information modeling of new types of soundproof partitions intended for use in civil and industrial construction. The result of this work is a project template developed in Autodesk Revit, which contains all standard sizes in two levels of development LOD300 and LOD400 with filled properties and materials. Information models of lightweight partitions with rational design solutions were also developed: light partitions with antiresonance panels, light partitions made of frameless sandwich panels with grooved joint of the middle layer, light frame-clad partitions with antiresonance panels.*

REFERENCES

1. Bredikhin V. V., Kulakov K. Yu., Uchinina T. V., Pyshnaya A. S. Sravnitelny analiz tipovykh i energoeffektivnykh resheniy maloetazhnogo zhilogo zdaniya na osnove BIM-modeli [Comparative analysis of typical and energy efficient solutions of low-rise residential building based on a BIM model]. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta [News of the South-West State University]. 2022, Vol. 26, № 1. P. 20–42. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-1-20-42.

2. Yavorovsky Yu. V., Sultanguzin I. A., Kruglikov D. A., et al. Sravnenie rezultatov energeticheskogo modelirovaniya zhilogo doma s pomoshchyu raznykh programmnykh sredstv [Comparison of the results from modeling the power performance of a residential building using different software tools]. Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta [Bulletin of the Moscow Power Engineering Institute]. 2020, № 3. P. 31–39. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-3-31-39.

3. Chakin E. Yu., Gamayunova O. S. Ispolzovanie BIM-tekhnologiy dlya vybora energoeffektivnykh teploizolyatsionnykh materialov [The use of BIM technologies for the selection of energy-efficient thermal insulation materials]. Inzhenernye issledovaniya [Engineering research]. 2022, № 2(7). P. 11–21.

4. Butakova M. D., Gerasimov A. A., Saraeva A. E., Sozykina E. S. Ispolzovanie zvukoizolyatsionnykh sistem KNAUF dlya BIM-modeley [KNAUF sound insulation systems used for BIM-modeling]. Innovatsii v stroitelstve. Tekhnologii KNAUF: Materialy 15-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Innovations in Construction. KNAUF Technologies: Materials of the 15th International Scientific and Practical Conference]. Chelyabinsk, 06–07 dekabrya 2022 g. Yuzhno-Uralskiy gos. un-t. Chelyabinsk : PIRS, 2022. P. 19–25.

5. Monich D. V. Metodologiya raschyota zvukoizolyatsii i razrabotki ratsionalnykh konstruktivnykh resheniy lyogkikh ograzhdayushchikh konstruktsiy [Methodology for calculating sound insulation and developing rational design solutions for lightweight enclosures]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. № 1. P. 52–61.

**© Е. В. Конопацкий, Д. В. Монич, М. В. Безсольнов, В. А. Вопияшин, 2024**
Получено: 28.12.2023 г.

**УДК 623.746.5+629.735.45**

**А. Н. ДЕРГАЧЕВ, аспирант кафедры инженерной графики**

# ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ПОГРУЗКИ ТЕХНИКИ В ГРУЗОВЫЕ КАБИНЫ САМОЛЕТОВ И ВЕРТОЛЕТОВ

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
Россия, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; эл. почта: banderos1225@mail.ru
*Ключевые слова:* транспортабельность, самолет, вертолет, погрузка, метод, расчет, проектирование.

*Предложен расчетный метод предварительной оценки возможности погрузки различных видов техники в транспортные кабины самолетов и вертолетов.*

Обеспечение транспортабельности отдельных видов техники воздушным транспортом требует реализации конструкторских решений, позволяющих с минимальной трудоемкостью подготовить технику к транспортированию, обеспечить ее погрузку и швартовку в грузовой кабине транспортного самолета или вертолета. При этом на начальных стадиях проектирования в большинстве случаев не представляется возможным определить номенклатуру агрегатов, требующих внедрения данных решений (исключения необходимости нанесения герметика, установка быстросъемных соединений и т. д.), а также разработки тары и ложементов под демонтируемые агрегаты.

При проектировании транспортных самолетов и вертолетов, с одной стороны, требуется обеспечение транспортировки грузов (в том числе техники) заданных массогабаритных характеристик, с другой стороны – обеспечение транспортабельности отдельных видов техники заданными типами транспортных самолетов и вертолетов. Соответствие габаритных характеристик грузовой кабины транспортного самолета или вертолета и габаритных характеристик подготовленной к транспортированию техники еще не гарантирует возможность ее погрузки. На возможность погрузки груза особенное влияние оказывают параметры грузовой рампы, характеристики погрузочных тельферов и т. д. Таким образом, разработка универсальной методики, позволяющей подтвердить возможность погрузки техники различной конфигурации расчетным методом является актуальной задачей.

В рамках разрабатываемого метода определена взаимосвязь между параметрами грузовой кабины и транспортируемого груза.

Основные параметры грузовой кабины самолета и рампы представлены на рис. 1.

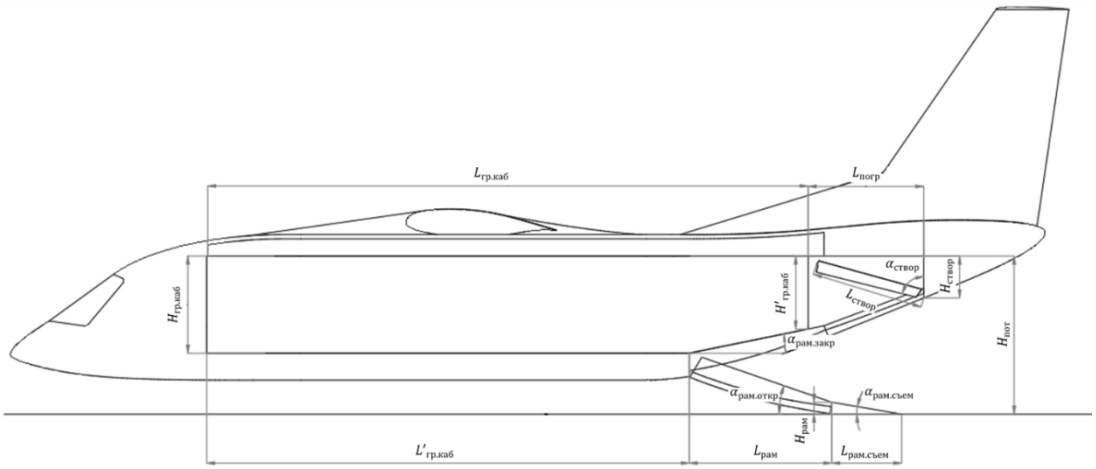



Рис. 1. Основные параметры грузовой кабины (вид сбоку): $H_{гр.каб}$ – высота грузовой кабины, мм; $H'_{гр.\ каб}$ – высота грузовой кабины над рампой в закрытом положении, мм; $H_{пот}$ – высота потолка грузовой кабины над уровнем земли, мм; $H_{створ}$ – высота элемента конструкции планера, ограничивающий проем грузовой кабины, мм; $H_{рам}$ – высота края рампы в открытом положении над уровнем земли, мм; $L_{гр.\ каб}$ – общая длина грузовой кабины, мм; $L'_{гр.\ каб}$ – длина грузовой кабины без учета рампы, мм; $L_{рам}$ – проекция рампы в открытом положении на ось *OX*, мм; $L_{рам.\ съем}$ – проекция съемной части рампы в открытом положении на ось *OX*, мм; $L_{створ}$ – длина створки, мм; $L_{погр}$ – длина участка между границей грузовой кабины и элементом конструкции планера, ограничивающего проем грузовой кабины, мм; $\alpha_{рам.\ откр}$ – угол наклона рампы в открытом положении, градус; $\alpha_{рам.\ закр}$ – угол наклона рампы в закрытом положении, градус; $\alpha_{створ}$ – угол установки створки в открытом положении, градус; $\alpha_{рам.съем}$ – угол наклона съемной части рампы, градус

Для определения допустимых габаритных характеристик груза в данной методике используем метод контрольных точек, т. е. точек, координаты которых на начальном этапе проектирования нам известны численно или параметрически. В проводимых расчетах принята система координат, в которой ось *OX* имеет начало в начале зоны допустимого размещения груза в грузовой кабине транспортного самолета (вертолета), совпадает с осью симметрии самолета (вертолета), направлена против полета; ось *OY* направлена вертикально вверх, ось *OZ* направлена в сторону левого борта самолета (вертолета).

Введем основные контрольные точки, размещение которых представлено на рис. 2, а их координаты – в табл. 1.

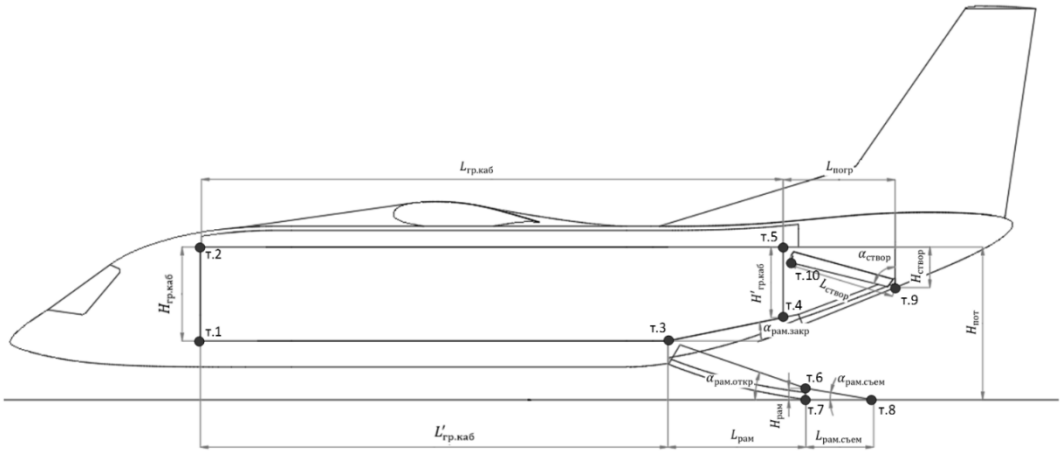



Рис. 2. Размещение контрольных точек в плоскости *OXY*

Таблица 1

**Координаты контрольных точек**

| Контрольная точка | Координата по оси *OX* | Координата по оси *OY* |
|---|---|---|
| т. 1 | 0 | 0 |
| т. 2 | 0 | $H_{гр.\ каб}$ |
| т. 3 | $L'_{гр.\ каб}$ | 0 |
| т. 4 | $L_{гр.\ каб}$ | $H_{гр.каб} - H'_{гр.каб}$ |
| т. 5 | $L_{гр.\ каб}$ | $H_{гр.каб}$ |
| т. 6 | $L'_{гр.\ каб} + L_{рам}$ | $H_{гр.\ каб} - H_{пот} + H_{рам}$ |
| т. 7 | $L'_{гр.\ каб} + L_{рам}$ | $H_{гр.\ каб} - H_{пот}$ |
| т. 8 | $L'_{гр.\ каб} + L_{рам} + L_{рам.съем}$ | $H_{гр.\ каб} - H_{пот}$ |
| т. 9 | $L_{гр.каб} + L_{погр}$ | $H_{гр.\ каб} - H_{створ}$ |
| т. 10 | $L_{гр.\ каб} + L_{погр} - L_{створ}\cos(90 - \alpha_{створ})$ | $H_{гр.\ каб} - H_{створ} + L_{створ} sin(90 - \alpha_{створ})$ |

Стоит обратить особое внимание на условие существования контрольных точек «т. 8» – «т. 10». Контрольная точка «т. 8» существует, если при погрузке используется съемная часть грузовой рампы. Контрольная точка «т. 9» существует в случае, если створка закрытия грузовой кабины (в данном случае контрольная точка «т. 10» тоже существует) и часть конструкции фюзеляжа или установленного оборудования находятся ниже уровня потолочной части грузовой кабины.

При проведении расчетов принимаем следующие допущения:

– пол транспортной кабины самолета (вертолета) располагается параллельно земле;

– при расчете учитываются только габаритные характеристики груза;

– масса груза, расположение центра тяжести, наличие сил трения и т. д. не рассматриваются;

– предполагается, что любой из рассматриваемых расчетных случаев технически реализуем (при помощи лебедок, погрузчиков, подъемом грузовой рампы и т. д.).

Представим груз в виде прямоугольника, высота и длина которого описывают максимальные габаритные характеристики груза, параметры которого представлены на рис. 3.

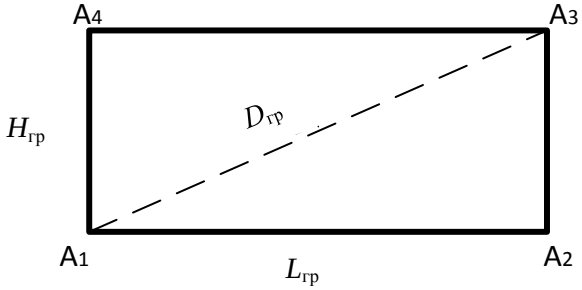



Рис. 3. Параметры прямоугольного груза: $L_{гр}$ – длина груза, мм; $H_{гр}$ – высота груза, мм; $D_{гр}$ – диагональ груза, мм; $A_1$, … $A_4$ – обозначение угловых точек прямоугольного груза

Разместим груз так, чтобы угловая точка груза «$A_1$» совпала с контрольной точкой «т. 3», а угловая точка груза «$A_2$» – с контрольной точкой «т. 8», находящейся на уровне земли. Данное положение груза примем как начальное, а при повороте груза относительно контрольной точки «т. 3» до достижения груза горизонтального положения – как конечное положение. Начальное положение груза (сплошной линией) и конечное положение груза (пунктирной линией) представлены на рис. 4.

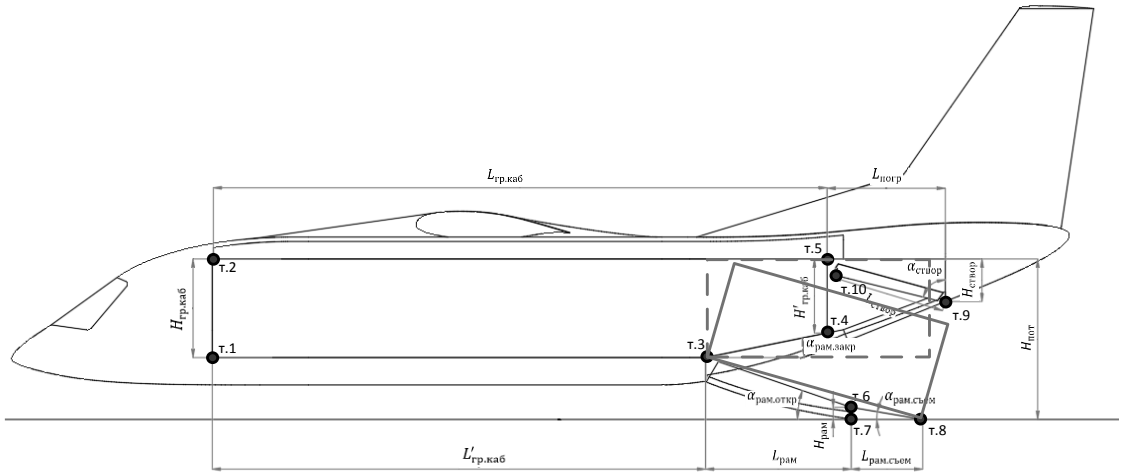



Рис. 4. Начальное и конечное положение груза

Примем высоту груза $H_{гр}$ равной высоте транспортной кабины $H_{гр.\ каб}$ Длина груза $L_{гр}$ и угол его наклона $\alpha_{гр}$ в заданном положении рассчитывается по формуле:

$$L_{гр} = \sqrt{(H_{пот} - H_{гр.\ каб})^2 + (L_{рам} + L_{рам.\ съем})^2}\ , \qquad (1)$$

$$\alpha_{гр} = \arccos\left(\frac{\sqrt{(H_{пот} - H_{гр.\ каб})^2 + (L_{рам} + L_{рам.\ съем})^2}}{L_{рам} + L_{рам.\ съем}}\right)\ . \qquad (2)$$

Для удобства проведения дальнейших расчетов вычислим диагональ груза $D_{гр}$ и угол ее наклона $\alpha_D$:

$$D_{гр} = \sqrt{{H_{гр}}^2 + {L_{гр}}^2}\ , \tag{3}$$

$$\alpha_D = \left(90 - \mathrm{arctg}\frac{L_{гр}}{H_{гр}}\right). \tag{4}$$

Учитывая координаты контрольных точек (табл. 1) и принятых размеров груза, получим координаты угловых точек груза «$A_1$» … «$A_4$» в начальном (нач.) и конечном (кон.) положении (табл. 2).

Таблица 2

**Координаты углов груза в начальном и конечном положениях**

| Точка груза | Координата по оси *OX* | Координата по оси *OY* |
|---|---|---|
| $A_1$ (нач.) | $L'_{гр.\ каб}$ | 0 |
| $A_1$ (кон.) | $L'_{гр.\ каб}$ | 0 |
| $A_2$ (нач.) | $L'_{гр.\ каб} + L_{гр} \cdot \cos \alpha_{гр}$ | $H_{гр.\ каб} - H_{пот}$ |
| $A_2$ (кон.) | $L'_{гр.\ каб} + L_{гр}$ | 0 |
| $A_3$ (нач.) | $L'_{гр.\ каб} + L_{гр} \cdot \cos \alpha_{гр} + H_{гр} \cdot \sin \alpha_{гр}$ | $H_{гр.каб} - H_{пот} + H_{гр} \cdot \cos \alpha_{гр}$ |
| $A_3$ (кон.) | $L'_{гр.каб} + L_{гр}$ | $H_{гр}$ |
| $A_4$ (нач.) | $L'_{гр.каб} + H_{гр} \cdot \sin \alpha_{гр}$ | $H_{гр} \cdot \cos \alpha_{гр}$ |
| $A_4$ (кон.) | $L'_{гр.\ каб}$ | $H_{гр}$ |

С учетом условий существования контрольных точек «т. 9», «т. 10» появляются следующие особенности:

1. При отсутствии контрольных точек «т. 9», «т. 10» обеспечивается горизонтальная загрузка (например, с автомобильной платформы). Допустимая длина груза ограничивается длиной грузовой кабины с учетом рампы в закрытом положении. При загрузке «с земли» допустимая длина груза требует учета центра масс груза и нагрузочной способности рампы (если зашвартованный груз устанавливать в горизонтальное положение за счет подъема рампы в горизонтальное положение).

2. При наличии контрольной точки «т. 9» и отсутствии «т. 10» критичным значением диагонали груза $D_{гр}$ будет таким, при котором в процессе поворота груза координаты угла «$A_3$» совпадут с координатами контрольной точки «т. 9».

3. При наличии контрольных точек «т. 9», «т. 10» требуется периодический подъем и смещение груза вперед. Изменение координат угловых точек груза «$A_1$» … «$A_4$» представлено в табл. 3, где $L_{оп}$ – участок основания груза от угловой точки груза «$A_1$» до «т. 3» в процессе загрузки;

$$L_{оп} = H_{гр.\ каб} - H_{створ} + L_{створ} \cdot \sin\left(90 - \alpha_{створ}\right) - D_{гр} \cdot \sin(\alpha_D - \alpha_{гр} - \alpha_{пов1})\ . \tag{5}$$

Таблица 3

**Координаты углов груза в процессе погрузки**

| Этап погрузки | Точка груза | Ось координат | Координата | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | $A_1$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}}$ | Начальное положение груза |
| | | *OY* | 0 | |
| | $A_2$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} + L_{\text{гр}} \cdot \cos\alpha_{\text{гр}}$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр. каб}} - H_{\text{пот}}$ | |
| | $A_3$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} + L_{\text{гр}} \cdot \cos\alpha_{\text{гр}} + H_{\text{гр}} \cdot \sin\alpha_{\text{гр}}$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр. каб}} - H_{\text{пот}} + H_{\text{гр}} \cdot \cos\alpha_{\text{гр}}$ | |
| | $A_4$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} + H_{\text{гр}} \cdot \sin\alpha_{\text{гр}}$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр}} \cdot \cos\alpha_{\text{гр}}$ | |
| 2 | $A_1$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}}$ | «$A_3$» совпадает с «т. 9», $0 \le \alpha_{\text{пов1}} \le \alpha_{\text{гр}}$ |
| | | *OY* | 0 | |
| | $A_2$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} + L_{\text{гр}} \cdot \cos(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| | | *OY* | $0 - L_{\text{гр}} \cdot \sin(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| | $A_3$ | *OX* | $L_{\text{гр. каб}} + L_{\text{погр}}$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр. каб}} - H_{\text{створ}}$ | |
| | $A_4$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} + H_{\text{гр}} \cdot \sin(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр}} \cdot \cos(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| 3 | $A_1$ | *OX* | $L_{\text{оп}} \cdot \cos(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | «$A_3$» совпадает с «т. 10». |
| | | *OY* | $L_{\text{оп}} \cdot \sin(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| | $A_2$ | *OX* | $(L_{\text{гр}} - L_{\text{оп}}) \cdot \cos(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| | | *OY* | $0 - (L_{\text{гр}} - L_{\text{оп}}) \cdot \sin(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| | $A_3$ | *OX* | $L_{\text{гр. каб}} + L_{\text{погр}} - L_{\text{створ}} \cdot \cos(90 - \alpha_{\text{створ}})$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр. каб}} - H_{\text{створ}} + L_{\text{створ}} \cdot \sin(90 - \alpha_{\text{створ}})$ | |
| | $A_4$ | *OX* | $L_{\text{гр. каб}} + L_{\text{погр}} - L_{\text{створ}} \cdot \cos(90 - \alpha_{\text{створ}}) + H_{\text{гр}} \cdot \sin(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр}} \cdot \cos(\alpha_{\text{гр}} - \alpha_{\text{пов1}})$ | |
| 4 | $A_1$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} - L_{\text{оп}}$ | Груз в горизонтальном положении после поворота груза относительно «т. 3» |
| | | *OY* | 0 | |
| | $A_2$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} + L_{\text{гр}} - L_{\text{оп}}$ | |
| | | *OY* | 0 | |
| | $A_3$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} + L_{\text{гр}} - L_{\text{оп}}$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр}}$ | |
| | $A_4$ | *OX* | $L'_{\text{гр. каб}} - L_{\text{оп}}$ | |
| | | *OY* | $H_{\text{гр}}$ | |

При расчете координат вводятся $\alpha_{\text{пов.}i}$ – угол поворота груза, где $i$ – номер операции с поворотом груза и смещение угловой точки груза «$A_1$» на величину $\Delta_j$ по оси *OX*, где $j$ – номер операции со смещением груза.

После установки груза в горизонтальное положение груз загружается в соответствии со схемой размещения груза.

Транспортируемая в грузовых самолетах колесная техника имеет более сложную конфигурацию. Увеличивая количество точек «$A_i$» (где $i$ – порядковый номер точки «А») и выражая математически взаимное расположение точек относительно выбранной, аналогичным методом проводим расчет. Пример упрощенной формы колесной техники представлен на рис. 5.

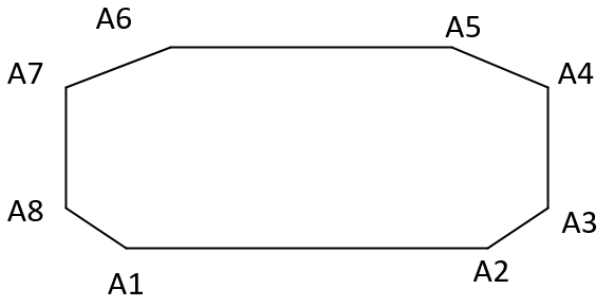



Рис. 5. Упрощенное представление колесной техники: А1 … А8 – угловые точки техники

В процессе выполнения расчетным методом оценки возможности размещения и погрузки колесной техники или частично разобранных вертолетов в грузовые кабины транспортных самолетов и вертолетов имеются случаи, требующие более точного расчета. В данном случае геометрические характеристики транспортируемой техники можно представить согласно рис. 6.

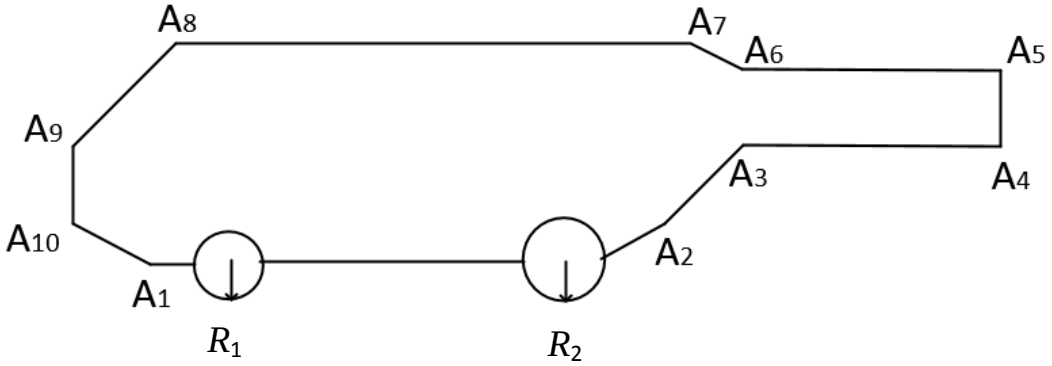



Рис. 6. Детализированное представление транспортируемой техники. А1 … А10 – угловые точки техники, $R_1$ и $R_2$ – радиусы колес

В данном случае, при расчете взаимного расположения точек «$A_i$», требуется учитывать радиус колес шасси, относительно оси которых в процессе погрузки требуется поочередный поворот техники (аналогично переходу из этапа погрузки «3» в этап погрузки «4» табл. 3).

После проработки возможности погрузки груза (техники) в плоскости *OXY* необходимо учесть габаритные характеристики в плоскости *OYZ*. В первую очередь основные ограничения геометрических характеристик груза в поперечной плоскости определяются грузоподъемными устройствами (например,

электротельферами). Возможные конфигурации грузовой кабины поперечной плоскости представлены на рис. 7.

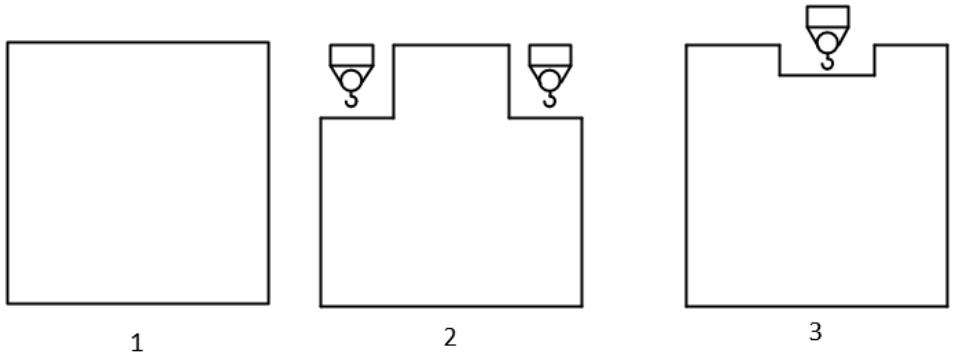



Рис. 7. Возможные конфигурации грузовой кабины в поперечной плоскости: 1 – в грузовой кабине электротельферы не предусмотрены; 2 – электротельферы установлены побортно; 3 – электротельфер установлен по оси симметрии фюзеляжа

Разделение горизонтально расположенного груза на условные участки в горизонтальной плоскости *OXZ* с учетом полученных ограничений габаритных характеристик груза в плоскостях *OXY* и *OYZ* получим наиболее точное математическое описание допустимых параметров транспортируемого груза. Кроме того, данная методика подходит для решения обратных задач – определения параметров грузовой кабины и рампы транспортного самолета или вертолета с учетом конструктивных ограничений, а также применяемых средств погрузки.

Стоит обратить отдельное внимание, что в методике, описанной выше, одним из условий принималось совпадение координат точек, принадлежащих грузу, и точек, принадлежащих элементам конструкции транспортного самолета (вертолета). В процессе проведения расчетов при необходимости учитываются требуемые проходные и стояночные зазоры в продольной, поперечной и вертикальной плоскостях, что требует уточнения координат контрольных точек путем вычитания или прибавления зазоров между полом грузовой кабины (рампой) и грузом $\Delta_н$ при погрузке электротельферами, поперечных зазоров $\Delta_{бок}$, между грузом и потолочной частью грузовой кабины (створки рампы) $\Delta_в$, а также продольным зазором между штатно размещенным грузом в грузовой кабине и передней стенкой грузовой кабины (створкой в хвостовой части).

**Заключение**

1. Сформирована методика определения допустимых габаритных характеристик грузов простой и сложной конфигураций при оценке возможности погрузки и размещения техники в грузовой кабине транспортных самолетов и вертолетов.
2. Определена параметрическая зависимость геометрических характеристик грузовой кабины самолета (вертолета) и транспортируемого груза.
3. Данная методика позволяет сформировать требования к минимальным габаритным характеристикам грузовой кабины транспортного самолета (вертолета) с учетом конструктивных особенностей.
4. Дальнейшим направлением исследований по данной теме может быть уточнение методики с учетом характеристик применяемого грузового

оборудования (электролебедки, электротельферы и т. д.), а также учета влияния центра тяжести транспортируемого груза, моментно-инерциальных сил и т. д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куприков, Н. М. Структурно-параметрический анализ влияния моментно-инерциального фактора на облик самолета арктического базирования : специальность 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Куприков Никита Михайлович. – Москва, 2015. – 22 с. – Текст : непосредственный.

2. Демидова, Н. Е. Математика. Основы тригонометрии : учебное пособие для иностранных граждан / Н. Е. Демидова ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2011. – 92 с. – Текст : непосредственный.

3. Гельфанд, И. М. Тригонометрия / И. М. Гельфанд, С. М. Львовский, А. Л. Тоом. – Москва : МЦНМО, 2002. – 199 с. – ISBN 5-94057-050-X. – Текст : непосредственный.

**DERGACHEV Anton Nikolaevich, postgraduate student of the chair of engineering graphics**

## GEOMETRIC CALCULATION OF THE POSSIBILITY OF LOADING EQUIPMENT INTO CARGO CABINS OF AIRPLANES AND HELICOPTERS

Moscow Aviation Institute (National Research University)
4, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125993, Russia; e-mail: banderos1225@mail.ru
*Key words:* transportability, airplane, helicopter, loading, method, calculation, designing.

*The article proposes a computational method for preliminary assessment of the possibility of loading various types of equipment into the transport cabins of airplanes and helicopters.*

REFERENCES

1. Kuprikov N. M. Strukturno-parametricheskiy analiz vliyaniya momentno-inertsialnogo faktora na oblik samolyota arkticheskogo bazirovaniya [Structural and parametric analysis of the influence of the moment-inertial factor on the appearance of the Arctic-based aircraft]: spetsialnost 05.07.02 «Proektirovanie, konstruktsiya i proizvodstvo letatelnykh apparatov» : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – Moscow, 2015. – 22 p.

2. Demidova N. E. Matematika. Osnovy trigonometrii [Mathematics. The fundamentals of trigonometry] : uchebnoe posobie dlya inostrannykh grazhdan. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2011. – 92 p.

3. Gelfand I. M., Lvovsky S. M., Toom A. L. Trigonometriya [Trigonometry]. Moscow: MTsNMO, 2002. – 199 p. – ISBN 5-94057-050-X.

**© А. Н. Дергачев, 2024**
Получено: 07.12.2023 г.

**УДК 533.6:624.042.41**

**Е. Н. ОБЛЕТОВ, аспирант, ассистент кафедры теории сооружений и технической механики[1], инженер-проектировщик[2]; Е. Д. ШАХАНОВ, студент[1]; М. А. КАРГАПОЛЬЦЕВА, студент[1]; С. С. ШИЛОВ, аспирант кафедры теории сооружений и технической механики[1]**

# ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ: АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ И ОПТИМИЗАЦИЯ

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96;
эл. почта: evg.obletov@gmail.com
[2]ООО «Союзстальконструкция»
Россия, 603155, г. Н. Новгород, ул. М. Горького, д. 262, оф. П250. Тел.: (831) 422-12-23;
эл. почта: soyzstal@mail.ru
*Ключевые слова:* параметрическое исследование, численное моделирование, ветровая нагрузка, аэродинамическое давление, изополя давлений, коэффициенты давлений.

*Проводится исследование влияния геометрических изменений здания, таких как поворот (макромодификация) и фаска/скругление углов (микромодификация), на реакцию сооружения от воздействия ветровой нагрузки. Описывается порядок создания модели здания в программе Revit 2021 с использованием параметрических семейств. Приводятся результаты исследований в виде графиков зависимостей коэффициентов геометрической адаптации от изменения формы сооружения. Предложены оптимальные параметры проектируемого высотного здания.*

Уникальные архитектурные сооружения сложной геометрической формы требуют специального подхода к расчету воздействия ветровых нагрузок в процессе проектирования. Нормативные методики расчета становятся неприменимыми из-за сложности учета взаимного влияния аэродинамических потоков вблизи поверхности со сложной кривизной. Однако достоверный учет внешних нагрузок на сооружение является критическим этапом проектирования, поскольку он не только обеспечивает прочность и долговечность конструкции, но и гарантирует безопасность людей.

Вопрос оценки взаимодействия ветровых нагрузок с высотными конструкциями сложной формы требует дальнейших исследований. Получение надежной оценки состояния взаимодействия ветровых нагрузок с такими конструкциями на основе современных информационных технологий является актуальной задачей, которое на этапе окончательного проектирования дополняется модельными испытаниями в аэродинамической трубе.

В мировой и отечественной практике активно исследуется проблема распределения аэродинамического давления на разнообразные архитектурные формы, и существуют различные подходы к моделированию взаимодействия ветровых потоков с такими формами, описанные в работах исследователей из разных стран [1, 2]. В работах [3, 4] рассматриваются характеристики экспериментального оборудования, основы проведения испытаний в

аэродинамических трубах, основные программные пакеты, предназначенные для численного моделирования, а также систематизация существующих подходов к оценке ветрового воздействия на строительные конструкции с учетом современных международных требований. Авторы публикаций [5, 6] определяют основные аспекты аэродинамики зданий в условиях городской среды. В атласе [7] приведены аэродинамические коэффициенты сооружений подверженных воздействию ветра.

В данной статье применяется анализ потоков с использованием вычислительной гидродинамики (*CFD*) для определения ветровых нагрузок на высотное здание со сложной пространственной геометрией. Исследовано влияние геометрических изменений здания, таких как поворот (макромодификация) и фаска/скругление углов (микромодификация), на общие силы, вызванные ветровыми нагрузками.

Исходной моделью здания выбран параллелепипед высотой $H = 200{,}0$ м и размерами в плане $b \times h = 40{,}0 \times 40{,}0$ м. Место строительства – деловой центр г. Челябинск.

3*D*-модель здания разработана в программе *Revit* 2021 с использованием параметрических семейств. С помощью параметризации была получена возможность быстро подготовить расчетные модели и экспортировать их в расчетный комплекс *RWIND*.

На первом этапе были подготовлены контуры моделей здания на разных высотных отметках с шагом 25 метров. Семейство моделей с данными контурами представлено на рис. 1.

На втором этапе контуры закручиваются вокруг базисной точки; с помощью формул в параметрах типоразмера имеется возможность задавать общий угол поворота модели здания. Планы здания закручиваются на каждой отметке на соответствующий этой высоте угол. Типоразмеры семейства с используемыми параметрами представлены на рис. 2.

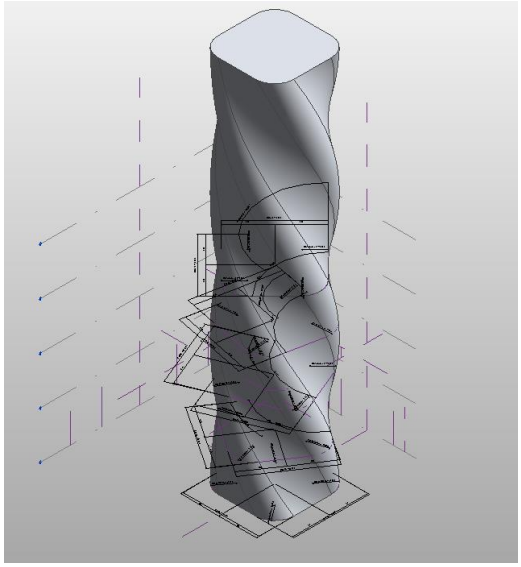


Рис. 1. Параметрическое семейство рассматриваемой модели

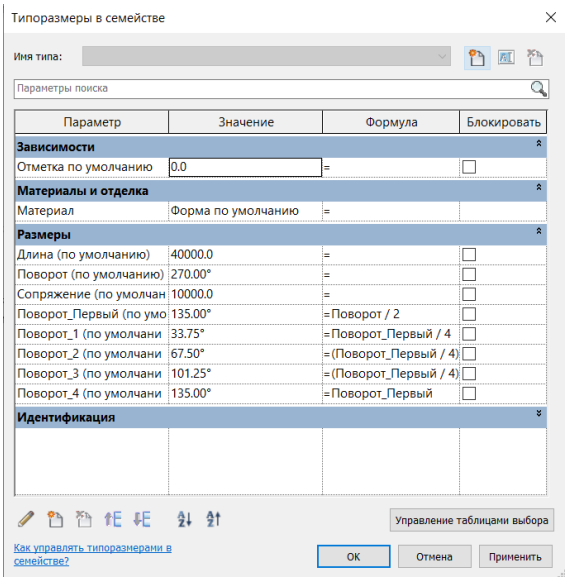



Рис. 2. Типоразмеры с параметрами семейства

На третьем этапе функцией «Переход» создается твердотельная геометрия. Подготовленные контуры соединяются и подгружаются в проект *Revit* для дальнейшей работы. Далее в семействе настраивается необходимый угол закручивания модели и размер фаски или радиус сопряжения углов. Подготовлены 136 моделей с различными геометрическими параметрами.

Последним этапом является процесс передачи моделей в комплекс *RWIND* в формате *IFC* и задание параметров ветровой нагрузки.

Профиль ветра определяется на основании действующих нормативных документов по формуле (1) [8]:

$$U(z) = U_o\left(\frac{z}{z_o}\right)^{\alpha}, U_o = \left(\frac{2w_o}{\rho}\right)^{0.5}, \quad (1)$$

где $w_o$ = 0,30 кПа = 300,0 Па – нормативное значение ветрового давления для II ветрового района по табл. 11.1 [9], ρ = 1,2 кг/м$^3$ – плотность воздуха при нормальных атмосферных условиях, $z_o$ = 60,0, α = 0,25 – параметры, определяемые типом шероховатости местности по табл. 4 [8] как для типа местности *C*.

В отечественных нормативных документах отсутствуют данные по характеру распределения интенсивности турбулентности и масштаба длины вихрей по высоте, поэтому следует обратиться к иностранным нормам [10]. Изменение интенсивности турбулентности с высотой можно определить по формуле 4.7 [10]:

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z)\cdot\ln(\frac{z}{z_o})}, \quad (2)$$

где $k_l$ = 1,0 – параметр турбулентности, принимаемый по рекомендациям [10]; $c_o(z)$ = 1,0 – топографический коэффициент, $z_o$ = 1,0 – длина шероховатости, определяемые по табл. 4.1 [10].

Изменение масштаба длины турбулентности с высотой можно определить по формуле В.1 [10]:

$$L(z) = L_t\left(\frac{z}{z_t}\right)^{\alpha}, \quad (3)$$

где $z_t$ = 200,0 м – контрольная высота, $L_t$ = 300,0 м – контрольная длина турбулентности.

Коэффициент α определяется по следующей зависимости:

$$\alpha = 0{,}67 + 0{,}05\ln(z_o) = 0{,}67 + 0{,}05\ln(1{,}0) = 0{,}67. \quad (4)$$

Полученные функция профиля ветра задаются в *RWIND* (рис. 1 цв. вклейки).

Этапы исследования представлены на рис. 3.

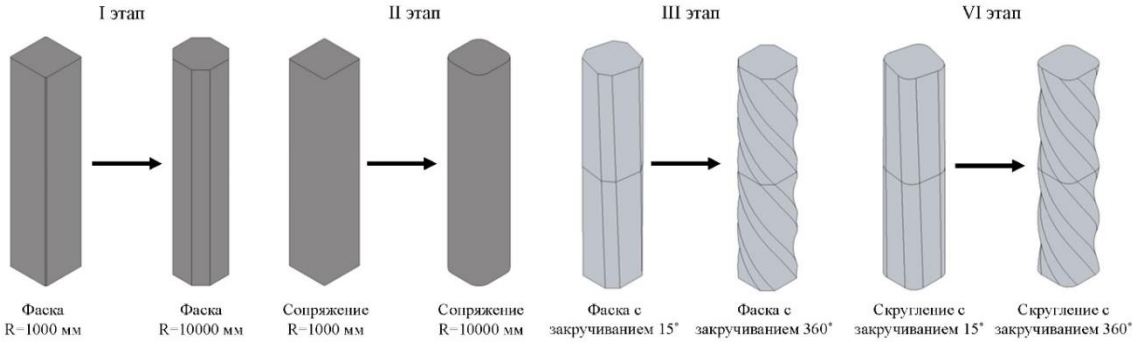



Рис. 3. Этапы исследования

# К СТАТЬЕ Е. Н. ОБЛЕТОВА, Е. Д. ШАХАНОВА, М. А. КАРГАПОЛЬЦЕВОЙ, С. С. ШИЛОВА «ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ: АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ И ОПТИМИЗАЦИЯ»

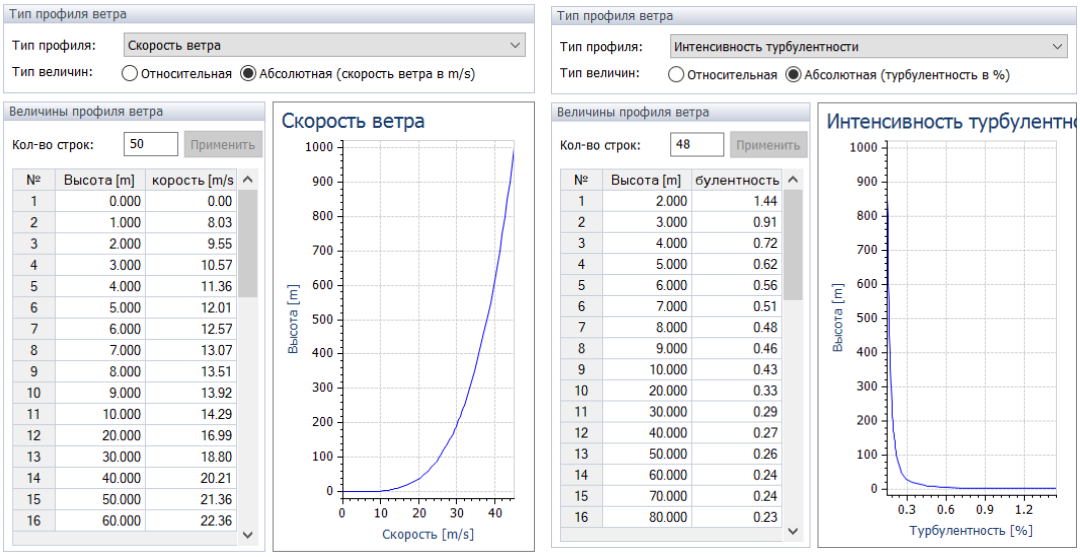



Рис. 1. Параметры набегающего потока

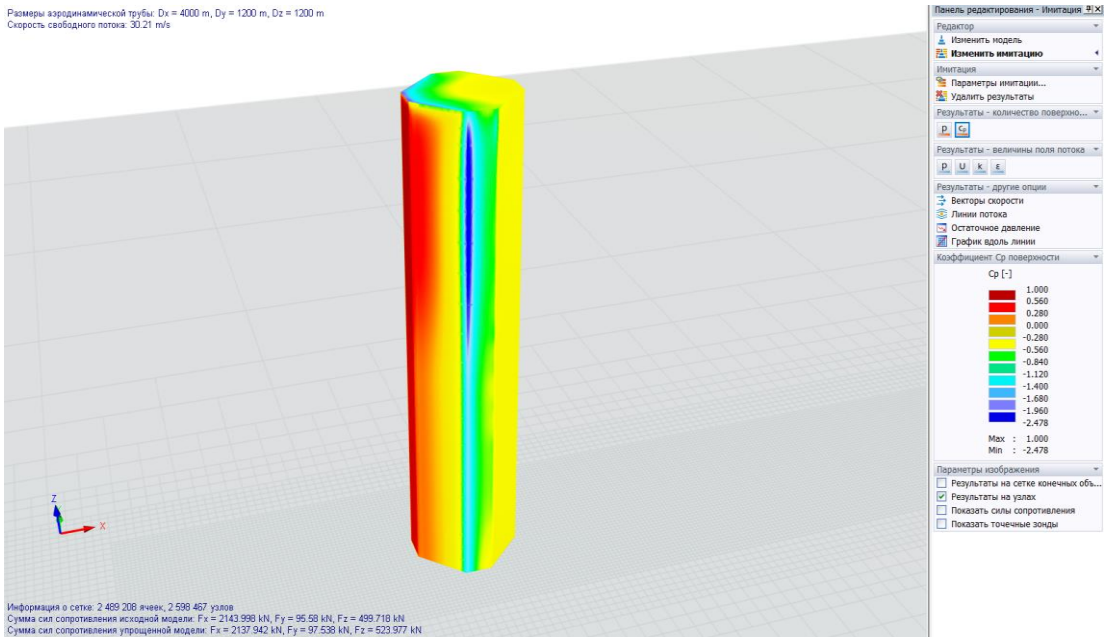



Рис. 2. Распределение аэродинамических коэффициентов $c_p$ по поверхности модели с фасками 8 000 мм при атаке в ребро

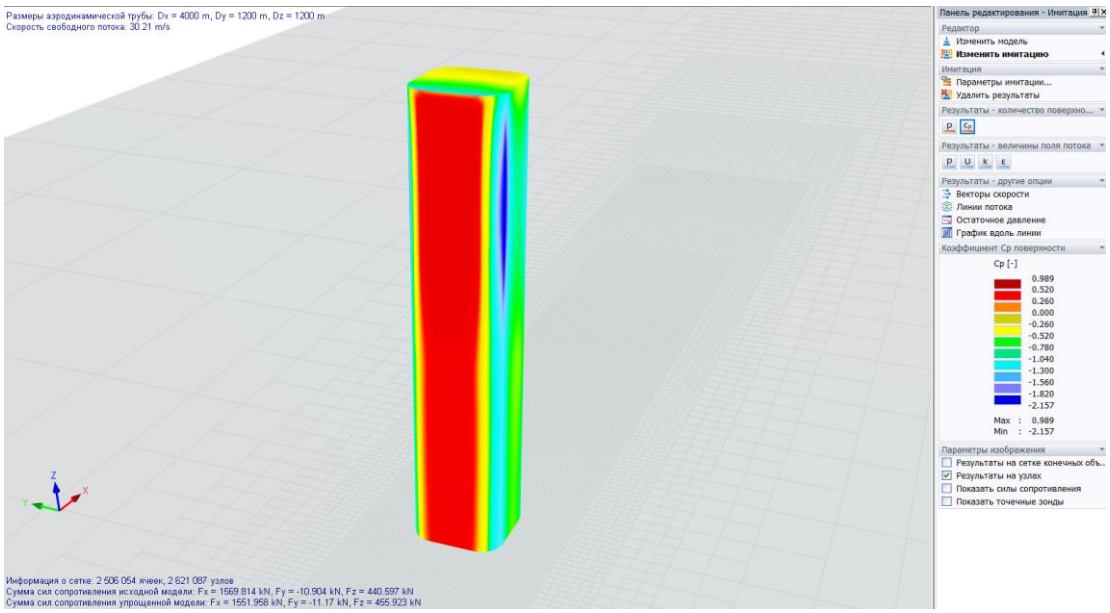



Рис. 3. Распределение аэродинамических коэффициентов $c_p$ по поверхности модели с углами сопряжения 10 000 мм при атаке в грань

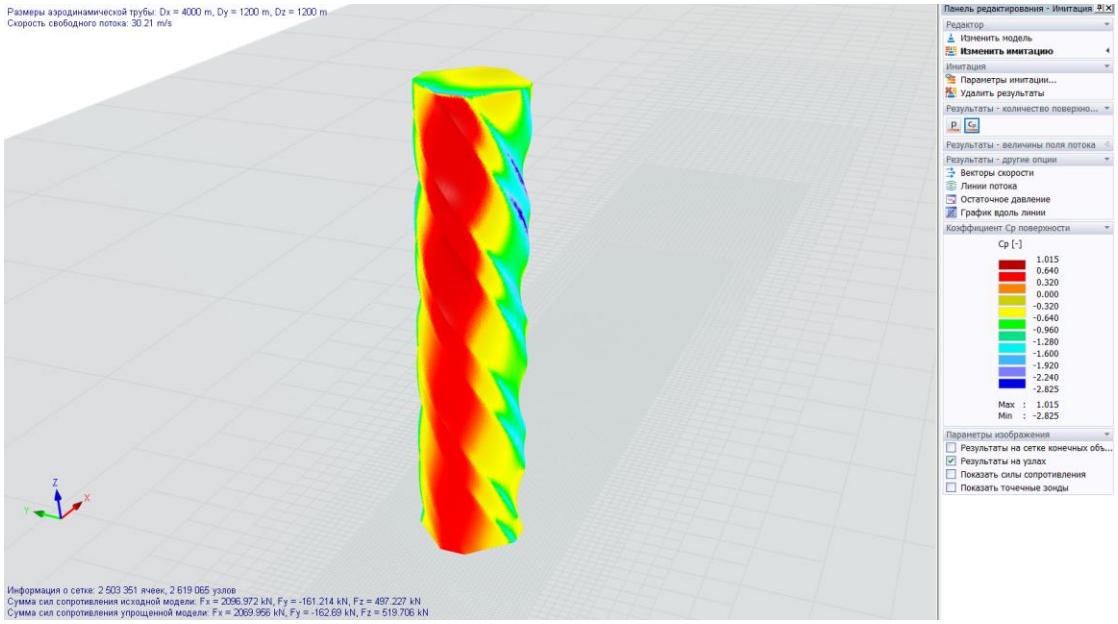



Рис. 4. Распределение аэродинамических коэффициентов $c_p$ по поверхности модели с фасками 8 000 мм и углом закручивания 360º при атаке в ребро

На первом этапе определяется зависимость между размерами фасок здания и ветровой нагрузкой (рис. 4).

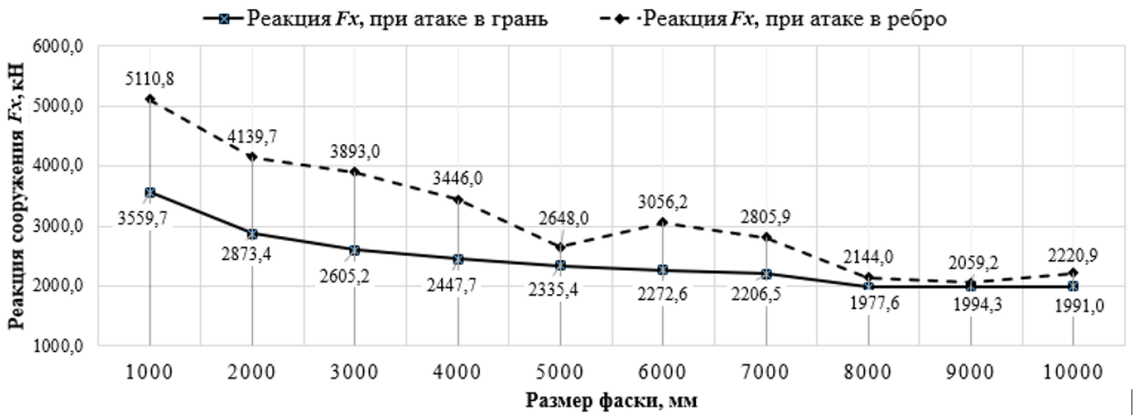



Рис. 4. Зависимость реакции здания на воздействие ветра от размера фаски при атаке в грань и ребро

С увеличением размера микромодификации уменьшается полезная площадь этажа, поэтому для определения оптимальных параметров фасок/скруглений вводится коэффициент геометрической адаптации, равный:

$$k = \frac{S_{эт}}{F_x}, \quad (5)$$

где $S_{эт}$ – площадь этажа, м$^2$, $F_x$ – реакция сооружения на ветровую нагрузку, кН.

Зависимость коэффициента геометрической адаптации от размера фаски при атаке в грань и ребро представлена на рис. 5. Область оптимального проектирования лежит в значениях размеров фаски 8 000 – 9 000 мм (рис. 2 цв. вклейки).

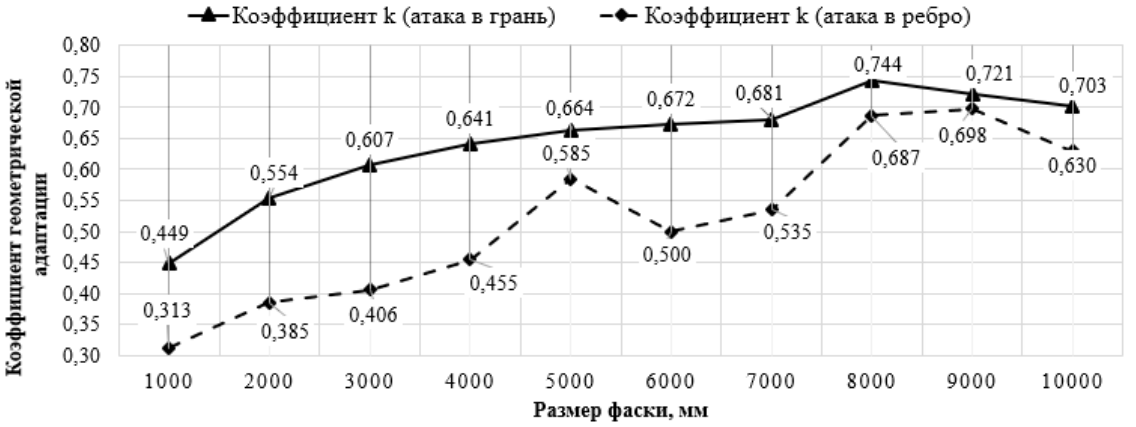



Рис. 5. Зависимость коэффициента геометрической адаптации от размера фаски при атаке в грань и ребро

На втором этапе определяется зависимость между размерами сопряжений углов здания и ветровой нагрузкой. Зависимость коэффициента геометрической адаптации от радиуса сопряжения при атаке в ребро и грань представлена на

рис. 6. Оптимальное значение размера радиуса сопряжения углов здания – 10 000 мм (рис. 3 цв. вклейки).

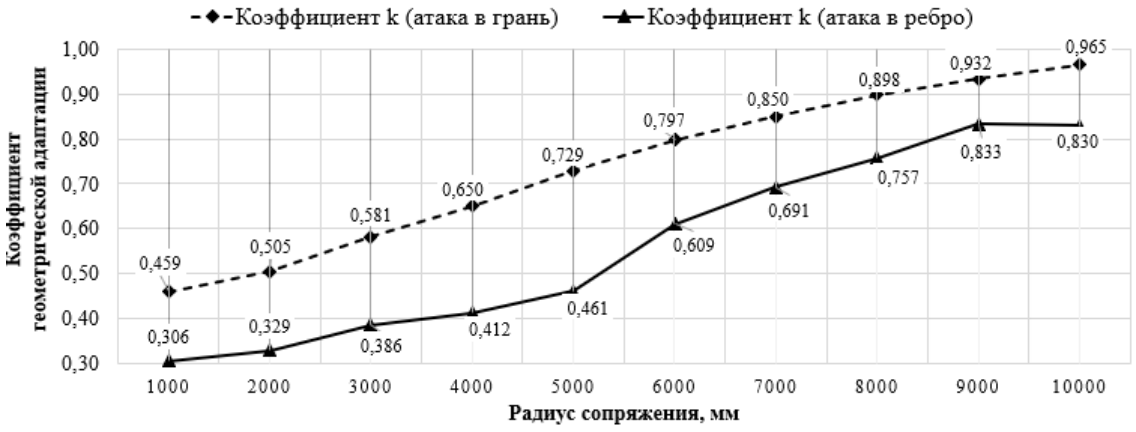



Рис. 6. Зависимость коэффициента геометрической адаптации от радиуса сопряжения при атаке в ребро и грань

На третьем этапе определяется зависимость между углом закручивания здания с оптимальным размером фаски 8000 мм и ветровой нагрузкой. Зависимость коэффициента геометрической адаптации от угла закручивания здания при атаке в ребро и грань представлена на рис. 7. Оптимальное значение угла закручивания здания – 360˚ (рис. 4 цв. вклейки).

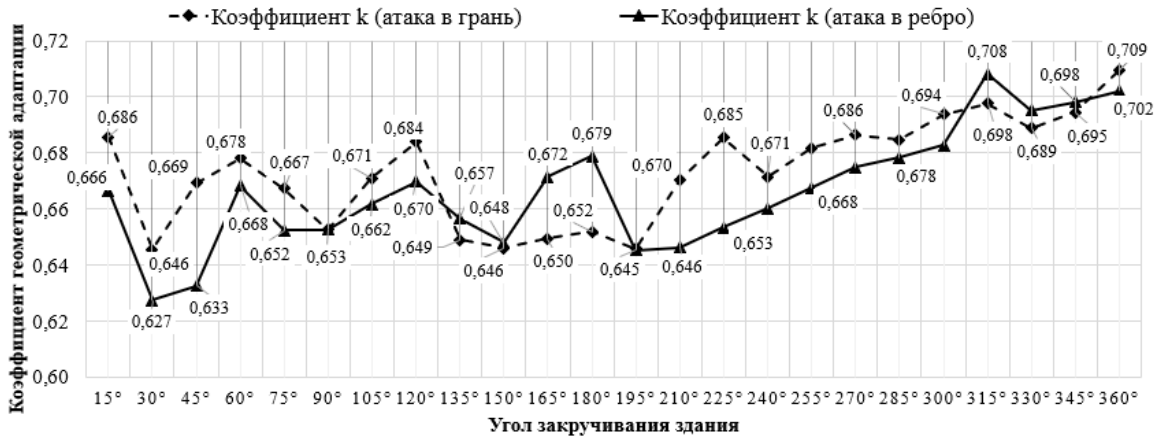



Рис. 7. Зависимость коэффициента геометрической адаптации от угла закручивания здания с оптимальным размером фаски при атаке в ребро и грань

На четвертом этапе определяется зависимость между углом закручивания здания с оптимальным углом сопряжения – 10 000 мм и ветровой нагрузкой. Зависимость коэффициента геометрической адаптации от угла закручивания здания при атаке в ребро и грань представлена на рис. 8. Оптимальное значение угла закручивания здания – 270˚.

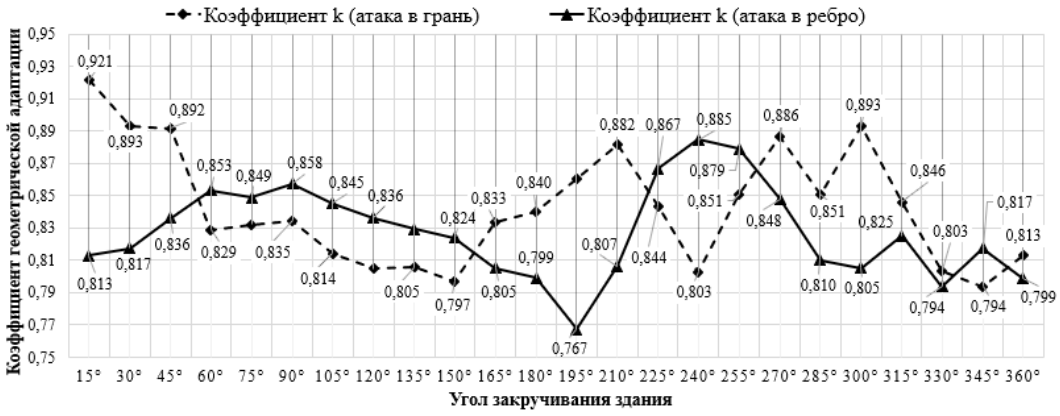
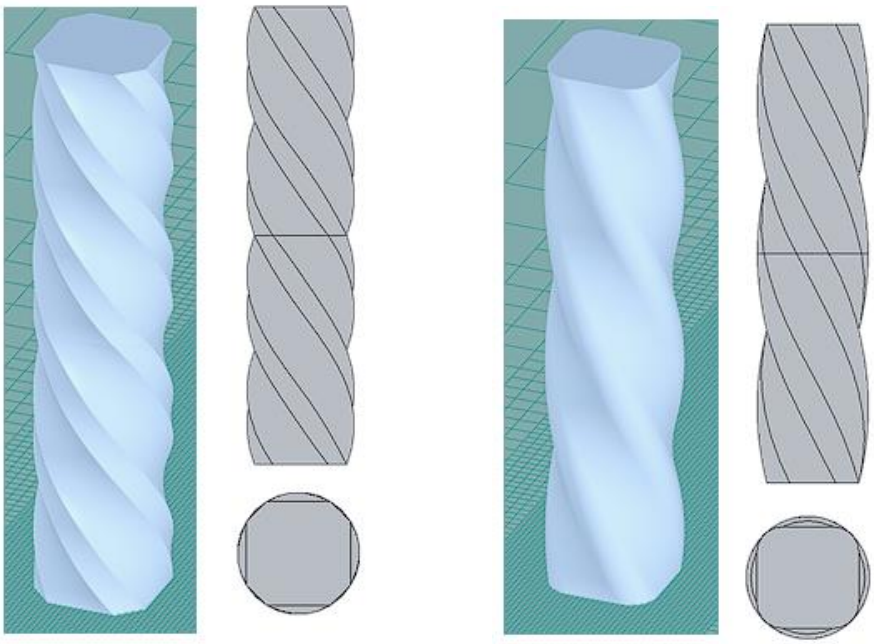



Рис. 8. Зависимость коэффициента геометрической адаптации от угла закручивания здания с оптимальным углом сопряжения при атаке в ребро и грань

На рис. 9 представлены оптимальные параметры проектируемого высотного здания.



*а* *б*

Рис. 9. Оптимальные параметры проектируемого высотного здания: *а* – размер фаски 8 000 мм, угол закручивания здания 360º; *б* – радиус сопряжения углов 10 000 мм, угол закручивания здания 270º

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : монография / Э. И. Реттер. – Москва : Стройиздат, 1984. – 294 с. – Текст : непосредственный.

2. Симиу, Э. Воздействия ветра на здания и сооружения / Э. Симмиу, Р. Сканлан. – Москва : Стройиздат, 1984. – 360 с. – Текст : непосредственный.

3. Поддаева, О. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : учебное пособие / О. И. Поддаева, А. С. Кубенин, П. С. Чурин. – Москва : МГСУ, 2015. – 88 с. – ISBN 978-5-7264-1194-1. – Текст : непосредственный.

4. Поддаева, О. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / О. И. Поддаева, И. В. Дуничкин. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2017. – № 6. – С. 602–609.

5. Михайлова, М. К. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий с учетом аэродинамических аспектов / М. К. Михайлова, В. С. Далинчук, А. В. Бушманова, Л. В. Доброгорская. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2016 – № 10 (49). – С. 59–74.

6. Айрапетов, А. Б. Новые аспекты аэродинамики ветрового нагружения высотных зданий в мегаполисе, новые подходы и методические принципы исследований как источник концепции формирования новых нормативов проектирования и строительства / А. Б. Айрапетов. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – № 3. – С. 582–584.

7. Березин, М. А. Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций / М. А. Березин, В. В. Катюшин. – Новосибирск : Олден-полиграфия, 2003. – 138 с. – ISBN 5-94905-002-9. – Текст : непосредственный.

8. ГОСТ Р 56728-2015. Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие здания : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 19.11.2015 № 1892-ст : дата введения 2016- 05-01 : [редакция от 22.12.2020]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

9. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : свод правил : утвержден Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 4 июня 2017 г. : [редакция от 30.05.2022]. – URL: http://www.consultant.ru. – Текст : электронный.

10. EN 1991-1-4:2005+A1. Еврокод 1: Воздействия на сооружения. Часть 1-4 : Основные воздействия – Ветровые нагрузки. – URL: https://www.cstroy.ru/files/ntdoc/np1991-1-4.pdf. – Текст : электронный.

**OBLETOV Evgeny Nikolaevich, postgraduate student, assistant of the chair of theory of structures and technical mechanics[1], engineer-designer[2]; SHAKHANOV Evgeny Denisovich, student[1]; KARGAPOLTSEVA Michele Aleksandrovna, student[1]; SHILOV Sergey Sergeevich, postgraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics[1]**

## PARAMETRIC MODELING OF COMPLEX HIGH-RISE BUILDING GEOMETRY: WIND LOAD INFLUENCE ANALYSIS AND OPTIMIZATION

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: evg.obletov@gmail.com
[2]JSC “Soyuzstalkonstruktsiya”
262, Gorky St., Nizhny Novgorod, 603155, Russia. Tel.: +7 (831) 422-12-23;
e-mail: soyzstal@mail.ru
*Key words:* parametric study, numerical modeling, wind load, aerodynamic pressure, pressure contour plots, pressure coefficients.

*A study is being conducted on the influence of geometric building alterations, such as rotation (macro-modification) and chamfering/rounding corners (micro-modification), on the structure's response to wind load impact. The process of creating a building model in Revit 2021 software using parametric families is described. The research results are presented in the form of graphs showing the dependence of geometric adaptation coefficients on changes in the building shape. The optimal parameters for the designed high-rise building are proposed.*

---

REFERENCES

1. Retter E. I. Arkhitekturno-stroitelnaya aerodinamika [Architectural and constructional aerodynamics] : monografiya. Moscow, Stroyizdat. 1984. – 294 p.

2. Simiu E., Scanlan R. Vozdeystviya vetra na zdaniya i sooruzheniya [Effects of wind on buildings and structures]. – Moscow : Stroyizdat, 1984. – 360 p.

3. Poddaeva O. I., Kubenin A. S., Churin P. S. Arkhitekturno-stroitelnaya aerodinamika [Architectural and construction aerodynamics] : uchebnoe posobie. – Moscow : Moskov. gos. stroit. un-t. – 2015. – 88 p. – ISBN 978-5-7264-1194-1.

4. Poddaeva O. I., Dunichkin I. V. Arkhitekturno-stroitelnaya aerodinamika / Vestnik MGSU. – Moscow, 2017. – № 6. – P. 602–609.

5. Mikhaylova M. K., Dalinchuk V. S., Bushmanova A. V., Dobrogorskaya L. V. Proektirovanie, stroitelstvo i ekspluatatsiya vysotnykh zdaniy s uchyotom aerodinamicheskikh aspektov [Design, construction and operation of high-rise buildings taking into account aerodynamic aspects] / Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy [Construction of unique buildings and structures] / Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskiy universitet Petra Velikogo, 2016. – № 10 (49). – P. 59–74.

6. Ayrapetov A. B. Novye aspekty aerodinamiki vetrovogo nagruzheniya vysotnykh zdaniy v megapolise, novye podkhody i metodicheskie printsipy issledovanya kak istochnik kontseptsii formirovaniya novykh normativov proektirovaniya i stroitelstva [New aspects of wind loading aerodynamics of high-rise buildings in a megalopolis, new approaches and methodological principles of research as a source of the concept of forming new design and construction standards]. – Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]. – 2010. – № 3. – P. 582–584.

7. Berezin M. A., Katyushin V. V. Atlas aerodinamicheskikh kharakteristik stroitelnykh konstuktsiy [Atlas of aerodynamic charactristics of building structures]. Novosibirsk: Olden-poligraphiya. 2003. – 138 p. – ISBN 5-94905-002-9.

8. GOST R 56728-2015. Zdaniya i sooruzheniya. Metodika opredeleniya vetrovykh nagruzok na ograzhdayuschie zdaniya [Buildings and constructions. Method for determining wind loads on the building envelope] : natsional. standart RF : utver. i vved. v deystvie Prikazom Rosstandarta ot 19.11.2015 N 1892-st. : data vved. 2016-05-01 : [red. ot 22.12.2020]. – URL: http://www.consultant.ru.

9. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystvya [Loads and effects] : svod pravil : utver. Prikazom Minstroya Rossii ot 03.12.2016 N 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85* : data vved. 4 iyunya 2017 g. : [red. ot 30.05.2022]. – URL : http://www.consultant.ru.

10. EN 1991-1-4:2005+A1. Evrokod 1: Vozdeystviya na sooruzheniya. Chast 1-4 : osnovnye vozdeystviya – Vetrovye nagruzki [Eurocode 1: action on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions]. – URL: https://www.cstroy.ru/files/ntdoc/np1991-1-4.pdf.

**© Е. Н. Облетов, Е. Д. Шаханов, М. А. Каргапольцева, С. С. Шилов, 2024**
Получено: 15.01.2024 г.

# ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

## К ЮБИЛЕЮ АКАДЕМИКА В. Т. ЕРОФЕЕВА

*10 марта 2024 года исполнилось 70 лет академику Российской академии архитектуры и строительных наук, доктору технических наук, профессору, профессору кафедры материаловедения в строительстве Национального исследовательского Московского государственного строительного университета Владимиру Трофимовичу Ерофееву.*

Владимир Трофимович родился в с. Перхляй Рузаевского района Мордовской АССР. В 1975 г. окончил строительный факультет Мордовского государственного университета. В 1983 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 1995 г. стал доктором технических наук. Носил ученое звание доцента с 1990 по 1998 гг., после чего получил ученое звание профессора. Член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук (1998), иностранный член академии строительства Украины (2003), действительный член Российской инженерной академии (2012), действительный член Российской академии архитектуры и строительных наук (2017).

С 1994 г. по 2023 г. Ерофеев В. Т. возглавлял кафедру строительного производства (переименована в 2004 г. в кафедру строительных материалов и технологий) Мордовского университета, а с 2002 г. по 2023 г. являлся деканом строительного факультета (переименован в 2006 г. в архитектурно-строительный). Директор института архитектуры и строительства Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева с 1 октября 2022 г. по 27 июля 2023 г. Директор НИИ «Материаловедение» (с 2016 г. по 2023 г.).

Академик Ерофеев В. Т. является членом межведомственного совета по присуждению премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники по секциям: «Строительные технологии и архитектура», «Новые материалы, производственные технологии и процессы».

С 18 сентября 2023 г. занимает должность профессора кафедры материаловедения в строительстве Национального исследовательского Московского государственного строительного университета.

Заместитель председателя экспертного совета ВАК Минобрнауки РФ по строительству и архитектуре с 2013 г. по 2022 г. С апреля 2022 г. включен в состав Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России и является членом Президиума ВАК РФ.

Эксперт Российской академии наук, эксперт Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы».

Член научного совета Российской академии наук по биоповреждениям, член научного совета и бюро Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук.

Член гильдии экспертов в сфере профессионального образования, член технического комитета по стандартизации федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Эксперт федеральной службы по надзору в сфере образования и науки по проведению экспертизы содержания и качества в области государственной аккредитации образовательной деятельности.

Член диссертационных советов по защите докторских диссертаций по специальностям: 2.1.5 – Строительные материалы и изделия, 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства); 2.1.5 – Строительные материалы и изделия, 2.1.8 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов и транспортных тоннелей (Российский университет транспорта); 2.1.5 – Строительные материалы и изделия (Волгоградский государственный технический университет).

Член редакционного совета научных журналов: «International Journal for Computational Civil and Structural Engineering», «Academia. Архитектура и строительство», «БСТ: Бюллетень строительной техники», «Строительные материалы», «Эксперт: теория и практика».

Член редакционной коллегии научных журналов: «Русский инженер», «Известия высших учебных заведений. Строительство», «Промышленное и гражданское строительство», «Строительные материалы и изделия», «Вестник евразийской науки», «Транспортные сооружения», «Приволжский научный журнал», «Инженерные технологии и системы», «Вестник Мордовского университета», «Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова», «Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура», «Социология города».

Ответственный редактор 20 сборников научных трудов «Актуальные вопросы архитектуры и строительства», издаваемых в Мордовском государственном университете.

Вклад Владимира Трофимовича Ерофеева в развитие науки и образования отмечен государственными, региональными и ведомственными наградами. Лауреат премии комсомола Мордовии (1983), лауреат премии Всесоюзного совета научно-технических обществ (1986). Награжден дипломом центрального совета

Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов (1984), почетными грамотами Правительства Республики Мордовия (1997, 2014), медалями ВДНХ СССР (1986) и ВВЦ (1998), бронзовой медалью Четвертого Саратовского салона изобретений, инноваций и инвестиций (2009), серебряной медалью Второго Российского форума «Российским инновациям Российский капитал» (2009), медалями конкурса на лучшую продукцию, экспонируемую на Международных специализированных выставках «Мир биотехнологии 2010-2015» (2010-2015), нагрудным знаком «Инженерная доблесть» (2014). Занесен в Книгу почета областного совета ВОИР (1985), Отличник изобретательства и рационализации Мордовской ССР (1991). Имеет благодарности Главы Республики Мордовия (1999), Государственного комитета РФ по молодежной политике (2000).

Заслуженный деятель науки Республики Мордовия (2001), Почетный строитель России (2004), победитель конкурса «Инженер года Республики Мордовия в области строительства и стройиндустрии» (2005), лауреат конкурса «Инженер года РФ» по версии «Профессиональные инженеры» (2005). Почетный работник высшего профессионального образования РФ (2006).

Заслуженный работник высшей школы Республики Мордовия (2014), Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации» (2015), лауреат государственной премии Республики Мордовия (2007), лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники (2014).

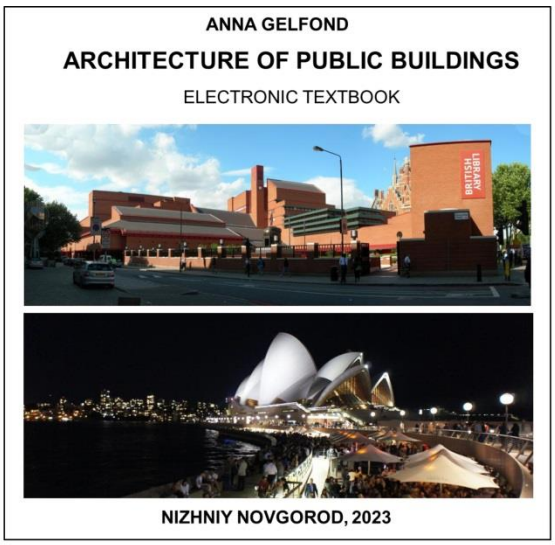
Награжден Большой (1997) и Малой (2003) медалями, а также дипломом за лучшие научные и творческие работы (2009) Российской академии архитектуры и строительных наук, нагрудным знаком «Инженерная доблесть» (2014), Почетной медалью МГСУ 1 степени (золотой) «За заслуги в строительном образовании и науке» (2014), Золотой медалью имени В. Г. Шухова «За особые достижения в науке» (2020). Лауреат Огаревской премии в области технических наук (2004). Вручен сертификат признательности Поволжской ассоциации государственных классических университетов (2004). Почетный доктор Пензенского государственного университета архитектуры и строительства (2003).

Областью научных интересов Владимира Трофимовича Ерофеева являются исследования в области композиционных строительных материалов и ресурсосберегающих технологий, биологического сопротивления, долговечности материалов и безопасности зданий и сооружений. Является основателем и руководителем научно-педагогической школы в области строительных материалов. Подготовил 1 доктора наук и 43 кандидатов наук.

Академик Ерофеев В. Т. является автором более 1300 научных и учебно-методических работ, в том числе более 20 монографий, более 20 учебных пособий с грифом УМО строительных вузов, более 130 изобретений (авторских свидетельств и патентов), 17 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ, 6 Евразийских патента на изобретения.

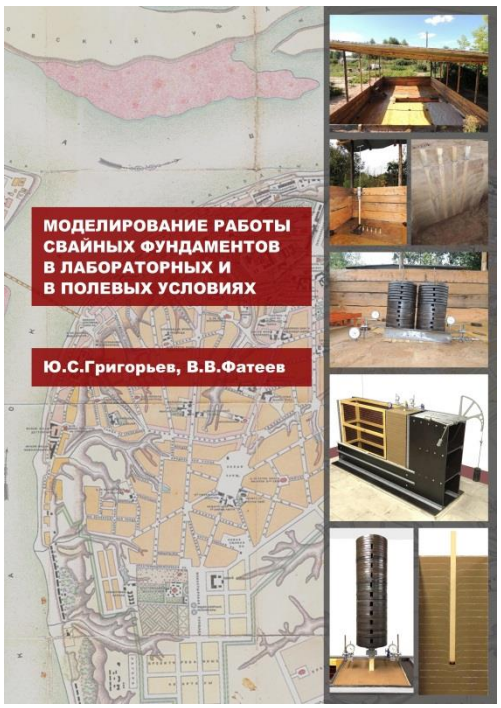
*Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, редакция «Приволжского научного журнала» от всей души поздравляют Владимира Трофимовича Ерофеева с юбилеем и желают здоровья, благополучия и новых свершений на благо российской науки и образования!*

## НОВЫЕ ИЗДАНИЯ




**Gelfond A. L. Architecture of public buildings : an electronic textbook for university students / A. L. Gelfond**; responsible editor E.A. Aleshugina. – Nizhny Novgorod state university of architecture and civil engineering – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2023. - 1150 p. (15 x20) -35.9 usl. p.l. : ill.

The electronic textbook is based on An illustrated course in The discipline «Architecture of Public Buildings». It is intended for students of educational institutions of higher education studying in the field of training «Architecture».




**Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Моделирование работы свайных фундаментов в лабораторных и в полевых условиях : монография / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев;** Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2023. – 150 с.

**ISBN 978-5-528-00539-3**

В монографии оценивается необходимость и целесообразность испытаний моделей свай и свайных фундаментов в лабораторных и в полевых условиях, анализируются их преимущества по сравнению с натурными исследованиями работы свайных фундаментов под действием разнообразных нагрузок.

Выполненный в книге ретроспективный анализ доступных для изучения материалов показал что во многих случаях: 1) способы и материалы для приготовления моделей массивов грунта; 2) материалы для изготовления и характеристики жесткости моделей свай; 3) способы погружения моделей свай в искусственные грунтовые массивы; 4) конструкции экспериментальных установок; 5) методы измерения нагрузок, напряжений и перемещений существенно различны и не всегда в полной мере соответствуют работе свай и свайных фундаментов в реальных условиях.

Обзор лабораторных установок, использовавшихся в исследованиях отечественных и зарубежных специалистов стал основанием для разработки авторами: 1) экспериментального лотка собственной конструкции; 2) конструкций моделей свай и свайных фундаментов; 3) методики формирования модели грунтового массива из глинистых грунтов; 4) способа погружения моделей свай в грунтовый массив; 5) методики выполнения экспериментальных исследований.

В работе приведены результаты испытаний моделей свай и свайных фундаментов и апробации предлагаемых авторами решений.

Книга рассчитана на широкую читательскую аудиторию: инженерно-технических работников изыскательских, проектных, строительных и эксплуатирующих организаций. Изложенный в книге материал, по мнению авторов, будет чрезвычайно полезен студентам, обучающимся по направлению «Строительство».

**Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Инженерное расследование причины деформации и разрушения строительных конструкций семиэтажного жилого дома. Опыт обследования строительных конструкций деформирующегося здания. Инженерные решения по усилению основания и фундаментов аварийного жилого дома : монография / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев;** Нижегор. гос. ахитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2023. – 249 с.

**ISBN 978-5-528-00551-5**

В предлагаемой читателю книге на примере конкретного объекта излагается инженерный опыт авторов, детально описывается весь процесс обследований и диагностики деформирующегося здания, разработки проектных решений и рекомендаций по его сохранению с обеспечением нормальных условий эксплуатации или в крайнем случае по исключению аварийной ситуации.

В книге последовательно и подробно рассматриваются и анализируются: 1) результаты инженерно-геологических изысканий, предшествовавших проектированию деформирующегося жилого дома; 2) проект фундамента дома в виде монолитной железобетонной плиты; 3) техническая документация, обосновывшая возможность замены первоначально принятых свайных фундаментов на фундамент в виде монолитной железобетонной плиты; 4) процесс строительства и эксплуатации здания; 5) строительно-монтажные работы по усилению основания фундаментной плиты; 6) результаты обследований деформирующегося здания; 7) организация геотехнического мониторинга

деформирующегося здания и его результаты; 8) проектные решения по усилению основания и фундамента деформирующегося дома.

Книга рассчитана на широкую читательскую аудиторию: инженерно-технических работников изыскательских, проектных, строительных и эксплуатирующих организаций. Изложенный в книге материал, по мнению авторов, будет чрезвычайно полезен студентам, обучающимся по направлению «Строительство».

# 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 – с?. ?. 3). м. 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 (индекс 80382 в каталоге «Урал-Пресс»). Подписка может быть оформлена физическим или юридическим лицом. Требование по оформлению подписки ***не распространяется*** на следующие категории лиц: 1) на аспирантов (статус аспиранта подтверждается справкой из организации, в которой проходит обучение в аспирантуре); 2) на штатных сотрудников ННГАСУ; 3) на членов редакционной коллегии Приволжского научного журнала. *Примечание:* если соавтором статьи является лицо, не относящееся ни к одной из вышеуказанных категорий, то требование по оформлению подписки на журнал сохраняется.

1.4. Если авторами статьи являются работники различных организаций (юридических лиц), то сопроводительные документы оформляются от одной из организаций (по усмотрению авторов), а от остальных необходимо представить выписки из протоколов заседаний кафедр (отделов, научно-технических советов или иных правомочных органов) с рекомендацией статьи к опубликованию с учетом сформированного авторского коллектива. Данные выписки должны быть подписаны руководителем организации, которая заверяется печатью организации.

**2. Правила оформления рукописи научной статьи в печатном виде**

2.1. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи ***на русском языке***) должна включать в себя следующие составные элементы:

- индекс УДК (универсальная десятичная классификация);
- фамилии, инициалы авторов ***на русском языке***;
- ученые степени и ученые звания авторов ***на русском языке*** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) ***на русском языке*** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи ***на русском языке***;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) ***на русском языке***;
- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) ***на русском языке***: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;
- ключевые слова ***на русском языке*** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);
- аннотация статьи ***на русском языке*** (общий объем не более 0,3 стр.);
- основной текст статьи ***на русском языке***;
- библиографический список ***на русском языке*** (не менее трех источников);
- фамилии, имена, отчества (полностью) авторов ***на английском языке***;
- ученые степени и ученые звания авторов ***на английском языке*** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);

- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) ***на английском языке*** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);

- название статьи ***на английском языке***;

- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) ***на английском языке***;

- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) ***на английском языке***: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;

- ключевые слова ***на английском языке*** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);

- аннотация статьи ***на английском языке*** (общий объем не более 0,3 стр.);

- библиографический список ***на английском языке*** (не менее трех источников);

- знак охраны авторского права, состоящий из следующих элементов: латинская буква «С» в окружности, фамилии, инициалы авторов на русском языке, год направления статьи в редакцию.

***Расположение и оформление вышеперечисленных частей рукописи статьи должно соответствовать образцу оформления научной статьи, который размещен на интернет-сайте журнала: http://www.pnj.nngasu.ru***.

2.2. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи ***на английском языке***) должна включать в себя те же составные элементы, которые указаны в п. 2.1. При этом русскоязычное написание заменяется на англоязычное, а англоязычное – на русскоязычное.

2.3. При оформлении рукописи статьи необходимо соблюдать следующие требования:

2.3.1. Текст рукописи статьи набирается на компьютере в текстовом редакторе «Microsoft Word» и распечатывается на принтере на листах бумаги формата А4 с одной стороны. Плотность бумаги 80 г/м$^2$. Размеры полей страниц: верхнее 25 мм, нижнее 25 мм, левое 25 мм, правое 25 мм. Страницы должны быть пронумерованы в нижней правой части.

2.3.2. Текст рукописи статьи набирается шрифтом Times New Roman Cyr. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: индекс УДК, Ф.И.О. авторов, ученые степени и ученые звания авторов, должности авторов, название статьи. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,5 (полуторный) используется для набора следующих частей рукописи: основной текст статьи, знак охраны авторского права. Шрифт № 12 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: наименование организации (места работы авторов), контактная информация (адрес организации и др.), аннотация статьи, ключевые слова, библиографический список.

2.3.3. Буквы русского и греческого алфавитов (в том числе индексы), а также все цифры (в том числе индексы) необходимо набирать прямым шрифтом, а буквы латинского алфавита – курсивом. Аббревиатуры, стандартные функции (Re, sin, cos и т. п.) и символы химических элементов набираются прямым шрифтом.

2.3.4. Текст статьи может включать формулы, которые должны набираться ***только с использованием редактора формул «Microsoft Word»***. При этом необходимо использовать редактор формул «MathType 6» или «Microsoft Equation 3.0». При использовании текстового редактора «Microsoft Word, Office-2010» не допускается использование редактора формул, открывающегося по команде «Вставка – Формула» (кнопка «π» на панели быстрого доступа). В данной версии необходимо в меню «Вставка» нажать кнопку «Объект» и в выпадающем меню выбрать тип вставляемого объекта – «Microsoft Equation 3.0». Шрифт формул должен соответствовать требованиям, предъявляемым к основному тексту статьи (см. выше). В статье должен быть необходимый минимум формул, все второстепенные и промежуточные математические преобразования при необходимости могут выноситься в приложение к статье (в качестве поясняющей информации для рецензента).

2.3.5. Текст статьи может включать таблицы, а также графические материалы (рисунки, графики, фотографии и др.). Данные материалы должны иметь сквозную нумерацию и названия. На все таблицы и графические материалы должны быть сделаны ссылки в тексте статьи. При этом расположение данных объектов должно быть после ссылок на них. Шрифт таблиц должен соответствовать требованиям, предъявляемым к тексту статьи (см. выше). Шрифт надписей внутри рисунков, графиков, фотографий и др. графических материалов Times New Roman Cyr, размер № 12, межстрочный интервал 1,0 (одинарный). В случае использования в статье цветных графических материалов (рисунки, графики, фотографии и др.) их необходимо скомпоновать на четном количестве страниц – либо на двух, либо на четырех отдельных страницах (но не более четырех страниц). К данным рисункам должны быть сделаны подписи, а в тексте статьи на них должны быть ссылки. Использование цветных графических материалов должно быть оправданным (в тех случаях, когда их нельзя заменить черно-белым аналогом).

2.3.6. Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008 (с учетом вступления в силу последующих версий данного документа). Нумерация литературных источников в списке дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте статьи (в квадратных скобках). В библиографический список включаются только те работы (документы), которые опубликованы в печати на момент представления рукописи статьи в редакцию. Количество литературных источников в списке должно быть не менее 3-х. В качестве цитируемых литературных источников должны использоваться научные статьи, опубликованные за последние 5 лет в российских и зарубежных рецензируемых научных периодических изданиях. Не допускается ссылаться на учебники и учебные пособия, научно-популярную литературу, если они не являются объектом исследования. В англоязычном варианте библиографического списка русскоязычные литературные источники должны быть представлены в транслитерации, на латинице. Кроме того названия статей и названия журналов переводятся на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках). Библиографические описания англоязычных изданий приводятся в оригинальном виде. Для изданий на других языках названия статей и названия журналов должны быть переведены на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках).

2.3.7. Объем рукописи статьи (включая черно-белые и цветные графические материалы), оформленной с учетом вышеперечисленных требований, ***не должен превышать***: а) 11 (одиннадцать) страниц при наличии в тексте не менее 3-х графических материалов (рисунков, графиков, фотографий); б) 8 (восемь) страниц во всех остальных случаях.

2.4. Рукопись статьи должна быть тщательно отредактирована и подписана всеми авторами (лично) с обратной стороны последней страницы с указанием даты представления рукописи в редакцию (число.месяц.год).

**3. Правила оформления рукописи научной статьи в электронном виде**

3.1. В электронном виде необходимо представить файл, подготовленный в редакторе «Microsoft Word» (тип файла «doc» или «docx» или «rtf»). Данный файл должен включать рукопись статьи (подготовленной в соответствии с п. 2) со вставленными в текст графическими материалами (если они имеются). В названии файла должна присутствовать фамилия автора статьи. Файл должен быть записан на компакт-диск (CD-R или CD-RW).

3.2. Каждый отдельный графический материал (рисунок, график, фотография и др.) должен быть записан в виде отдельного файла, при этом названия файлов должны соответствовать нумерации данных материалов (например: «Рис.1»). Все графические материалы должны быть доступны для редактирования, для этого они должны быть представлены ***в исходном формате*** (например, для рисунков, созданных в графическом редакторе «CorelDraw», необходимо представление файлов в формате «cdr»). Представление графиков, рисунков и т. п. графических материалов в виде отсканированных изображений ***не допускается***. Файлы фотографий должны иметь расширение «jpg». Качество всех графических материалов должно быть высоким (не ниже 300 dpi).

**4. Порядок представления в редакцию материалов научной статьи**

Подготовленные с учетом всех вышеперечисленных требований материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней) должны быть запечатаны в конверт формата А4, на котором указывается адрес редакции: *Россия, 603952, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Ответственному секретарю Приволжского научного журнала Хазову П. А.*

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 доработанных рукописей статей такой же, как для вновь поступающих материалов статей. К доработанной рукописи статьи необходимо приложить документ «Ответы на замечания рецензента», оформленный в печатном виде на листах формата А4, в двух экземплярах. Ответы даются на каждое замечание (по пунктам), внизу ставятся личные подписи всех авторов с указанием даты представления доработанной рукописи в редакцию (число.месяц.год). Подписи авторов должны быть заверены канцелярией или отделом кадров организации, откуда исходит рукопись статьи. Сопроводительные документы к рукописи статьи (по п. 1.3.) переоформляются только в том случае, если при доработке изменяется название статьи и (или) изменяется авторский коллектив.

5.5. Если на статью получена отрицательная рецензия (рецензия с замечаниями, без указания на возможность публикации статьи после доработки), то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Не рекомендуется к публикации».

**6. Общие требования и условия публикации**

6.1. Редакцией не принимаются к рассмотрению: 1) научные статьи, не соответствующие тематическим направлениям журнала, по которым осуществляется рецензирование (экспертная оценка). Данные направления соответствуют научным направлениям членов редакционной коллегии журнала (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России); 2) научные статьи, публиковавшиеся ранее; 3) материалы, не соответствующие установленным редакцией требованиям; 4) рекламные материалы.

6.2. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей статей. Редакция имеет право частично или полностью предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные

организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала.

6.3. Авторский коллектив, направляющий научную статью в редакцию журнала, несет ответственность за неправомерное использование объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме, в соответствии с действующим законодательством.

6.4. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Перепечатка материалов «Приволжского научного журнала» без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

6.5. Материалы научных статей, направляемые в редакцию журнала, авторам не возвращаются. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

6.6. Оплата за рассмотрение научной статьи редакцией взимается путем оформления автором подписки на журнал (условия – см. п. 1.3.4 выше). Плата с аспирантов за публикацию научных статей не взимается.

**ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА**

**НА 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 (2.1.1);**
- **Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (2.1.3);**
- **Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (2.1.4);**
- **Строительные материалы и изделия (2.1.5);**
- **Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология (2.1.6);**
- **Технология и организация строительства (2.1.7);**
- **Строительная механика (2.1.9);**
- **Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (2.1.10);**
- **Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (2.1.11);**
- **Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (2.1.12);**
- **Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (2.1.13);**
- **Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий (2.5.1)**

В ЖУРНАЛЕ ПУБЛИКУЮТСЯ
статьи о результатах научных исследований по группе научных специальностей 2.1 – «Строительство и архитектура». Статьи рецензируются.

**Каталожная цена за 6 месяцев – 1000 руб.**
**Цена отдельного номера – 500 руб.**

**Подписной индекс по каталогу «Урал-Пресс»: 80382**

**Адрес редакции: Россия, 603952, г. Нижний Новгород,**
**ул. Ильинская, д. 65.**
**Тел./факс: (831) 433-04-36, 430-19-36**

ISSN 1995-2511
9 771995 251524