

ISSN 1995-2511

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

1

2025



ISSN 1995-2511



ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

№ 1

Март 2025

Нижний Новгород

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 1 (73)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2025. 376 с., 9 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 акад. РААСН, д-р арх., проф. А. Л. ГЕЛЬФОНД
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; 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 арх., доцент А. В. ЛИСИЦЫНА; 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. К. Л. ПАНЧУК; 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, доц. И. С. СОБОЛЬ; 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. Путилова, компьютерная верстка И. К. Красавина,
переводчик Д. А. Лошкарева, работа со списками литературы Л. Б. Вержиковская

Подписано в печать 28.03.2025 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. печ. л. 32,9 + вкл. 1,58. Тираж 600 экз. Заказ №

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; pnj.nngasu.ru
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, 2025

ISSN 1995-2511



THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

Scientific periodical

№ 1

March 2025

Nizhny Novgorod

THE PRIVOLZHISKY SCIENTIFIC JOURNAL, № 1 (73)

Scientific periodical. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2025. 376 p., 9 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 – "Construction and architecture".

Editor-in-chief academician of RAACS, doctor of architecture, professor A. L. GELFOND
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; 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 architecture, associate professor A.V. LISITSYNA; doctor of technical sciences, associated professor V. V. MOLODIN; doctor of technical sciences, associated professor Z. R. MUKHAMETZYZANOV; Prof. Dr.-Ing. F. NESTMANN; doctor of technical sciences, candidate of economy sciences, associated professor L. A. OPARINA; doctor of technical sciences, associate professor K.L. PANCHUK; 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, associate professor I. S. SOBOL; 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. Putilova, computer makeup I. K. Krasavina,
translator D. A. Loshkareva, literature references L. B. Verzhikovskaya

Signed for publishing on 28.03.2025. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 32,9 + illust. 1,58. Copies 600. Order №

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.



СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Кладиева П. В., Наумов А. Е., Хазов П. А. Повышение эффективности стального армирования ячеистобетонных конструкций элементами с развитой боковой поверхностью...	12
Маркина Ю. Д. Расчет подкраново-подстропильных ферм с учетом упругой податливости узлов примыкания элементов решетки к ездовому нижнему поясу.....	22
Уткин М. М. К оценке устойчивости водоупора над карстовой полостью.....	34
Поздеев М. Л., Смагин И. В., Лобов Д. М., Лихачева С. Ю. Стадии напряженно-деформированного состояния каменной кладки при одноосном сжатии.....	43
Дымченко В. В., Гребнев П. А., Бобылев В. Н., Монич Д. В., Барчуков С. В. Исследования звукоизолирующих свойств междуэтажных перекрытий с рулонными материалами при воздействии воздушного шума.....	51
Оленин А. А., Красильников Н. В., Лобов Д. М., Торопов А. С., Ламзин Д. А. Методика исследования надежности строительных клиновых лесов. Часть 1.....	56
Февралев А. В. О перспективных створах для малых ГЭС в Нижегородской области.....	64

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Бодров М. В., Грималовская И. П., Морозов М. С., Пылаев А. Н. Термодинамическое обоснование применения вихревых труб в системах кондиционирования воздуха.....	69
Бодров М. В., Руин А. Е., Смыков А. А. Испытание инфракрасных излучателей систем лучистого отопления с промежуточным теплоносителем.....	77
Васильев А. Л., Воробьева Е. В. О перспективах применения метода озонирования при обработке высококонцентрированных сточных вод ткацких фабрик.....	84
Болдин С. В., Пузиков Н. Т. Перспективы использования биогаза в малой энергетике.....	93
Желдаков Д. Ю., Стронгин А. С., Козлов В. В., Кашуркин А. Ю., Лапин Е. С., Левцев А. П., Сергушина Е. С., Панфилов С. А., Кабанов О. В. Исследование низкой эффективности систем теплоснабжения и приборов, пути ее решения.....	99
Кочева М. А., Готулева Ю. В. Анализ и пути повышения надежности и эффективности работы системы теплоснабжения Нижнего Новгорода и Нижегородской области.....	112
Гюльханданьян Е. М., Пакшвер А. С. Получение сульфида цинка из шлама – отхода производства вискозного волокна.....	119
Лапин Е. С., Левцев А. П., Сергушина Е. С., Панфилов С. А., Кабанов О. В. Стратегии повышения эффективности систем отопления в импульсном режиме.....	127
Фролова А. А., Кондратюк А. С. Оценка влияния солнечной радиации на годовое теплопотребление здания.....	136
Брюхов М. Н. Эффективность биоаккумуляции при очистке сточных вод.....	146
Самодолов А. П. Биоаккумуляция тяжелых металлов из AMD стоков.....	153
Самодолова О. А. Использование многолетних злаковых растений при очистке поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий.....	160
Васильев А. Л., Гусейнова С. М. Анализ методов обработки возвратных потоков после биологической очистки городских сточных вод.....	168



ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

- Лапидус А. А., Агеева Я. Д. Цифровая трансформация материально-технического обеспечения строительства..... 174
- Молодин В. В., Мороз А. А., Котков Р. В., Мосс В. А. Конвейерная технология монтажа фасадных модулей высотных зданий с подачей на монтаж по вертикальным направляющим.. 182
- Гулин И. А., Мыльников В. В., Кондрашкин О. Б., Миндрин Д. И., Рябов Н. А. Возможность применения в строительных конструкциях и деформационные особенности дисперсно-упрочненных композиционных материалов на основе алюминия..... 195
- Мотылев Р. В., Кочерыгин А. А. Развитие современной технологии быстрого строительства в России на основе каркаса из ЛСТК..... 209

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

- Агеева Е. Ю. Особенности архитектурного решения современных крупнопанельных многоэтажных жилых зданий в России..... 219
- Орлова Л. Н., Денисова В. А. Общественные пространства в концепциях комплексного развития территорий..... 227
- Архангельская И. В. Историко-генетический анализ формирования визуального образа города Саратова..... 234
- Зобова М. Г., Киверов Д. А. Оценка потенциала объектов спортивно-оздоровительной инфраструктуры в условиях исторической среды..... 241
- Качемцева А. А. Древнерусские графические источники..... 247
- Киреева Т. В. Семантический аспект «зеленой» архитектуры. Плоскость..... 253
- Кисельникова Д. Ю., Колесникова Е. Д., Рагино Г. Я. Стилистическая трансформация исторических зданий центра города Новосибирск..... 259
- Океанов Г. В. К вопросу об архитектурной типологии общественного пространства..... 268
- Ульчицкий О. А. Эволюция систем расселения: базовые теоретические модели в историко-архитектурной науке..... 279
- Яковлев А. А., Яковлев М. А. Организация среды складских терминалов..... 288
- Мальцева А. А. Оценка потенциала ботанического сада для устойчивого развития города, на примере Екатеринбурга..... 294
- Мосякин Д. С. Общественные молодежные пространства как вектор развития архитектурной городской среды..... 301
- Даниленко К. А., Лапшина Е. Г. Развитие высотной доминанты от храма до телебашни: архитектурные трансформации панорамы города Москвы, Нижнего Новгорода и Пензы..... 312
- Дедов В. А. Архитектурный образ как информационная модель архитектуры и совокупность сигналов: анализ структуры..... 320
- Киселева О. В. Предпосылки становления архитектуры спортивных медико-восстановительных учреждений..... 329
- Семенов С. И. Влияние деятельности на пространства коворкингов..... 341
- Хафса Талеб. Архитектурная модернизация старого порта Марселя: слияние традиций и инноваций..... 346



ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

Юматова Э. Г., Чучмар Н. Д., Ларионов Д. М. Задачи структуризации данных в системах информационного моделирования в строительстве..... 351

Суханова Н. Т., Павлов А. А. Решение проблемы псевдосинхронного взаимодействия в системах цифровой поддержки жизненного цикла изделий..... 357

ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

Памяти профессора Аистова А. С..... 367

Новые издания..... 368

Перечень требований и условий для публикации научной статьи в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал»..... 369

НА ОБЛОЖКЕ: Промышленный корпус (торговый дом) Рукавишниковых на Нижневолжской набережной в Нижнем Новгороде (архитектор Шехтель Ф. О.).
Автор фото: Хазов П. А.



CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS, STRUCTURAL MECHANICS AND HYDRAULIC ENGINEERING

- Kladieva P. V., Naumov A. E., Khazov P. A.** Increasing the efficiency of steel reinforcement of cellular concrete structures with elements with developed side surface..... 12
- Markina Y. D.** Calculation of crane secondary trusses, taking into account the elastic compliance of the nodes of the junction of the grid elements to the riding lower belt..... 22
- Utkin M. M.** To the stability analysis of the aquiclor above the karst cavity..... 34
- Pozdeev M. L., Smagin I. V., Lobov D. M., Likhachyova S. Y.** Stages of stress-strain state of masonry under uniaxial compression..... 43
- Dymchenko V. V., Grebnev P. A., Bobylev V. N., Monich D. V., Barchukov S. V.** Research of sound insulating properties of floors with roll materials under the airborne noise..... 51
- Olenin A. A., Krasilnikov N. V., Lobov D. M., Toropov A. S., Lamzin D. A.** Methodology for studying the reliability of construction wedge forests. Part 1..... 56
- Fevraleev A. V.** On promising sites for small hydropower plants in the Nizhny Novgorod region... 64

ENGINEERING NETWORKS AND STRUCTURES, ENGINEERING HYDROLOGY, ENVIRONMENTAL PROTECTION AND WATER RESOURCES CONSERVATION

- Bodrov M. V., Grimalovskaya I. P., Morozov M. S., Pylaev A. N.** Thermodynamic justification of the use of vortex tubes in systems air conditioning..... 69
- Bodrov M. V., Ruin A. E., Smykov A. A.** Testing of infrared radiators of radiant heating systems with intermediate heat carrier..... 77
- Vasilev A. L., Vorobeva E. V.** On the prospects of using the ozonation method in the treatment of highly concentrated wastewater from weaving factories..... 84
- Boldin S. V., Puzikov N. T.** Prospects for the use of biogas in small energy sector..... 93
- Zheldakov D. Y., Strongin A. S., Kozlov V. V., Kashurkin A. Y., Lapin E. S., Levitsev A. P., Sergushina E. S., Panfilov S. A., Kabanov O. V.** Investigation of low efficiency of heat supply systems and devices, ways to solve it..... 99
- Kocheva M. A., Gotuleva Y. V.** Analysis and ways to improve reliability and efficiency of the heating supply system of Nizhny Novgorod and Nizhny Novgorod region..... 112
- Gyulkhanyan E. M., Pakshver A. S.** Production of zinc sulfide from sludge – a waste product of viscose fiber production..... 119
- Lapin E. S., Levitsev A. P., Sergushina E. S., Panfilov S. A., Kabanov O. V.** Strategies for improving the efficiency of pulse heating systems..... 127
- Frolova A. A., Kondratyuk A. S.** Assessment of the influence of solar radiation on the annual load of heat consumption in a building..... 136
- Bryukhov M. N.** Bioaccumulation efficiency in wastewater treatment..... 146
- Samodolov A. P.** Bioaccumulation of heavy metals from AMD effluents..... 153
- Samodolova O. A.** The use of perennial cereal plants in the treatment of surface wastewater from urbanized areas..... 160
- Vasilev A. L., Guseinova S. M.** Analysis of return stream treatment methods after biological treatment of urban wastewater..... 168



TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION, BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS MANUFACTURING

Lapidus A. A., Ageeva Y. D. Digital transformation of construction logistics.....	174
Molodin V. V., Moroz A. A., Kotkov R. V., Moss V. A. Conveyor technology for mounting facade modules of high-rise buildings with feeding for installation along vertical rails.....	182
Gulin I. A., Mylnikov V. V., Kondrashkin O. B., Mindrin D. I., Ryabov N. A. Possible application in building structures and deformation features of dispersion-hardened aluminium-based composite materials.....	195
Motylev R. V., Kocherygin A. A. The development of modern technology of rapid construction of Russia based on a flame made of LSTK.....	209

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Ageeva E. Y. Architectural features of modern large-panel multi-storey residential buildings in Russia.....	219
Orlova L. N., Denisova V. A. Public spaces in the concepts of integrated development of territories.....	227
Arkhangelskaya I. V. Historical and genetic analysis of the formation of the visual image of the city of Saratov.....	234
Zobova M. G., Kiverov D. A. Assessment of the potential of sports and recreation infrastructure facilities under conditions of the historical environment.....	241
Kachemtseva A. A. Ancient russian graphic sources.....	247
Kireeva T. V. The semantic aspect of “green” architecture. The plane.....	253
Kiselnikova D. Y., Kolesnikova E. D., Ragino G. Y. Stylistic transformation of historical buildings in the city center of Novosibirsk.....	259
Okeanov G. V. On the question of the architectural typology of public space.....	268
Ulchitsky O. A. Evolution of settlement systems: basic theoretical models in historical and architectural science.....	279
Yakovlev A. A., Yakovlev M. A. Organization of warehouse terminals environment.....	288
Maltseva A. A. The strategy for the development of the botanical garden in the system of sustainable development of the city, on the example of Yekaterinburg.....	294
Mosyakin D. S. Public youth spaces as a vector of urban environment development.....	301
Danilenko K. A., Lapshina E. G. Development of high-rise dominant from temple to tv tower: architectural transformations of the panorama of Moscow, Nizhny Novgorod and Penza.....	312
Dedov V. A. Architectural image as an information model of architecture and a combination of signals: structure analysis.....	320
Kiseleva O. V. Prerequisites for the formation of the architecture of sports medical and rehabilitation institutions.....	329
Semenov S. I. Impact of activities on coworking spaces.....	341
Taleb Hafsa. Architectural modernization of Marseille's old port: a fusion of traditions and innovations.....	346



GEOMETRIC AND COMPUTER MODELING OF TECHNICAL SYSTEMS, DIGITAL SUPPORT OF THE PRODUCT LIFECYCLE

Yumatova E. G., Chuchmar N. D., Larionov D. M. Tasks of data structuring in information modeling systems in construction..... 351

Sukhanova N. T., Pavlov A. A. Solving the problem of pseudosynchronous interaction in digital product lifecycle support systems..... 357

INFORMATION SECTION

To the memory of professor Aistov A. S..... 367

New publications..... 368

List of requirements for publication in the scientific periodical “The Privolzhsky scientific journal”..... 369

COVER PAGE: Rukavishnikov Trade House, Nizhnevolzhskaya embankment, Nizhny Novgorod (architect Shekhtel F. O.). Photo by Khazov P. A.



МИНСТРОЙ
РОССИИ



УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

1-3 июля 2025 года НИИСФ РААСН проводит Международную научную конференцию – XVI Академические чтения, посвященные 100-летию академика РААСН Бондаренко В. М. и 96-летию академика РААСН Осипова Г. Л. «Актуальные вопросы строительства. Надежность строительных конструкций. Энергосбережение. Экологическая безопасность. Искусственный интеллект».



**Бондаренко
Михайлович** **Виталий**

Российский ученый в области строительных наук, академик РААСН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, основатель Российской научной школы по железобетону, подготовивший многочисленную плеяду докторов и кандидатов технических наук.



**Осипов
Львович** **Георгий**

Ученый в области строительных наук, основоположник направления строительная физика в СССР и РФ, лауреат Государственной премии РФ, заслуженный деятель науки и техники СССР, академик РААСН, профессор, доктор технических наук

На конференции планируется работа по следующим направлениям:

- Надежность и прочность строительных конструкций зданий и сооружений;
- Энергосбережение в строительстве;
- Строительная теплофизика;
- Строительная и архитектурная акустика;
- Строительная светотехника;
- Моделирование процессов;
- Проблемы технического регулирования в строительстве;
- Водоснабжение и водоотведение;
- Высотное строительство;
- Научная школа для молодежи;
- Цифровое обеспечение строительства;
- Машинное обучение и искусственный интеллект в управлении инвестиционно-строительными проектами.

Для участия в конференции необходимо в срок до 1 июня 2025 года отправить заявки и материалы по адресу org.com@niisf.ru.

Конференция состоится в очном формате. Предусмотрена возможность дистанционного участия в конференции по видеосвязи.

Подробнее о конференции и о проводимых в рамках коференции конкурсах можно узнать на сайте www.niisf.ru.

УДК 691.328

П. В. КЛАДИЕВА¹, ст. преп. кафедры экспертизы и управления недвижимостью; **А. Е. НАУМОВ¹**, канд. техн. наук, заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью; **П. А. ХАЗОВ²**, канд. техн. наук, доцент кафедры теории сооружений и технической механики

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТАМИ С РАЗВИТОЙ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

¹ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Тел.: (980) 375-53-71; эл. почта: davidenkorolly@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (951) 919-09-19; эл. почта: khazov.nngasu@mail.ru

Ключевые слова: армированный ячеистый бетон, ячеистобетонные изгибаемые конструкции, ленточное армирование, арматурные элементы с развитой боковой поверхностью, выдергивание арматуры, напряженно-деформированное состояние арматурных элементов.

В работе рассматривается и содержательно исследуется гипотеза: увеличение площади контактного слоя с бетоном повышает сопротивление арматурного элемента выдергиванию, что увеличивает коэффициент конструктивного использования арматуры, приближая расчетные значения напряжений в элементах к фактическим при реальной работе конструкции. Представлены результаты численного исследования параметров напряженно-деформированного состояния моделей арматурных элементов с развитой боковой поверхностью при выдергивании из ячеистобетонных образцов в сравнении с испытанием традиционного стержневого армирования.

Решение задач энергетической эффективности гражданских зданий, связанное с технологическим суверенитетом страны в ближайшем будущем, технически заключается в предложении конструктивных решений, обеспечивающих неразрывный тепловой контур в объеме здания, выполняемых в один слой из конструкционно-теплоизоляционного материала.

Легкие бетоны отличаются от тяжелых специфичностью внутренней структуры – наличием множества мелких пор, заполненных воздухом или газом, что обуславливает основные особенности совместной работы бетонного сечения элемента и стальных элементов армирования. Поэтому армирование ячеистобетонных конструкций зачастую наталкивается на технологический барьер в виде быстрого исчерпания прочности арматуры за счет ее продергивания в виду низкого удельного сцепления на границе арматуры с бетоном.

Внедрение новых конструктивных решений армирования всегда требует разработки рациональной модели, которая будет описывать процессы, протекающие на границе бетон-сталь, и приближенной к реальному механизму работы арматурного элемента в бетонной конструкции [1]. Надежное соединение



ячеистого бетона и стальных элементов армирования осуществляется за счет механического сцепления и химического взаимодействия материалов в зоне контакта, но учет механических и физических характеристик поверхностных слоев легких бетонов весьма сложен. В научной литературе предлагаются различные аналитические зависимости для расчета нормальных и касательных напряжений в зоне сцепления при сдвиге стальной арматуры в теле бетона методами вытаскивания арматурных стержней из бетонных кубиков, однако доказательных экспериментальных исследований для определения прочности сцепления инновационных арматурных элементов с развитой боковой поверхностью объема ячеистого бетона в отечественной базе нет.

Закономерности взаимодействия стали и бетона определяют особенность железобетона как материала. Прочность сцепления в контакте «ячеистый бетон-сталь» зависит от состояния поверхности металла, адгезии и «когезии» бетона, условий его твердения после вспучивания, созревания и набора прочности, степени обжата арматуры при усадке бетона, а также вида напряженно-деформированного состояния в контактной зоне.

Возможности численных методов современных программных комплексов позволяют получить максимально обоснованные результаты практических наблюдений и опытов, что позволит более точно прогнозировать связь между параметрами закона сцепления и факторами, влияющими на него. В данной статье представлены результаты численного исследования напряженно-деформированных состояний и стадий, возникающих при выдергивании арматурных элементов из кубиков ячеистого бетона, определены закономерности распределения контактного давления и значения касательных напряжений в бетоне и на примыкающих гранях [2].

Основным методом исследования контактных процессов является определение величины сцепления в процессе выдергивания арматурного элемента из бетонного кубика, а также значений напряжений, возникающих в бетоне и арматурном элементе [3]. Разрушение связей сцепления между стержнем и бетоном при выдергивании арматуры из кубика представляет собой сложный многостадийный процесс, в котором происходят неоднородные упругопластические деформации бетона и арматуры [4]. После разрушения адгезионных связей наблюдается развитие кольцевых (в случаях с традиционными круглыми арматурными стержнями) и опоясывающих (в случаях с арматурой иного поперечного сечения) микротрещин, которые принимают различные формы и длину [5]. Возникновение и распространение таких трещин приводит к изменению напряженно-деформированного состояния бетона в контактных областях и его дальнейшему послойному разрушению с переходом из микро- в макродефекты.

Для обоснования достоверности выдвинутых научных гипотез было выполнено моделирование и численное исследование совместной работы арматурных элементов в теле ячеистобетонных конструкций, в части испытания элементов армирования с развитой боковой поверхностью на выдергивание из образцов кубиков и сравнения с результатами аналогичных испытаний при традиционном армировании по методике, имитирующей используемую на практике при фактических испытаниях изделия – методику испытания стальной арматуры периодического профиля на вытаскивание по ГОСТ Р 57357-2016.

Испытание вытаскиванием устанавливает метод испытания характеристик сцепления арматурной стали, включенной в бетонный куб вдоль определенной длины, с приложенным растягивающим усилием. Соотношение между силой растяжения и сдвигом определяет относительное смещение между арматурой и бетоном. Принцип испытания представлен (рис. 1).

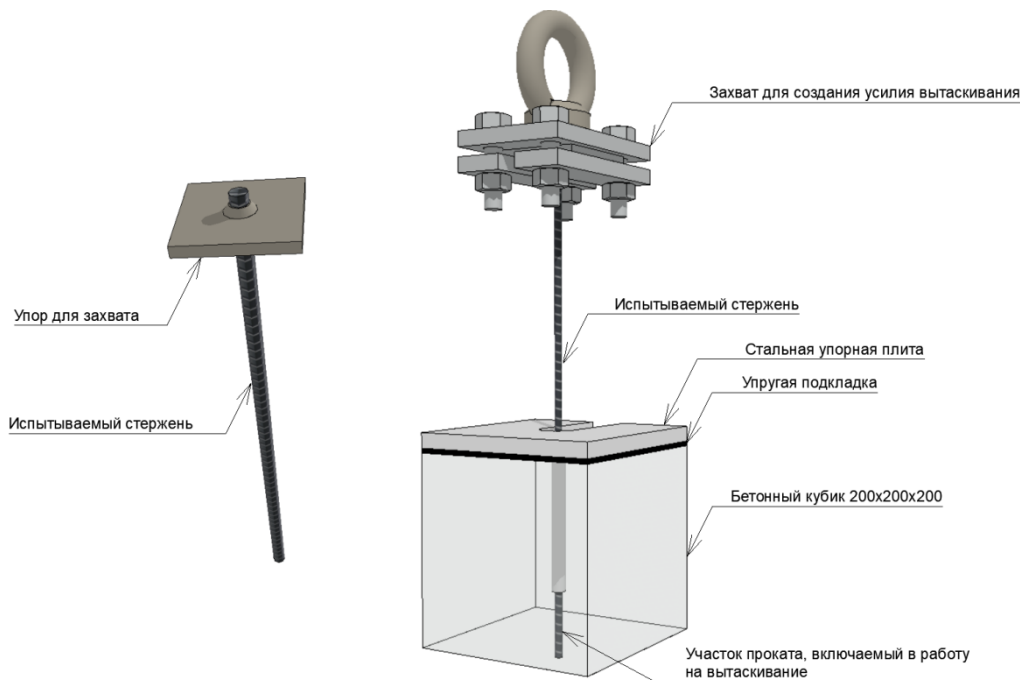


Рис. 1. Испытание стальной арматуры периодического профиля на вытаскивание по ГОСТ Р 57357- 2016 (слева – образец проката (арматурного элемента) для испытаний на вытаскивание, справа – принципиальная схема установки для производства испытаний проката на вытаскивание)

Сравнительный физический расчет выполнен в нелинейно-деформированной постановке с учетом прочностных и деформативных характеристик материалов конструкции в специализированном софте ПК ЛИРА-САПР 2022 на основе метода конечных элементов, решаемого на адаптивной трехмерной неструктурированной тетраэдральной сетке. [6].

Для определения фактического напряженно-деформированного состояния образцов инновационных арматурных элементов и подтверждении гипотезы об эффективности применения в конструкциях из ячеистых бетонов арматурных элементов с развитой боковой поверхностью, повышающей сопротивление выдергиванию и увеличивающей коэффициент конструктивного использования – стальных зубчатых лент с отгибом анкерного зуба под прямым углом, сквозных перфорированных лент с выбитым зубом и сплошных стальных полос (рис. 2), было выполнено численное моделирование опыта на выдергивание их из ячеистобетонных кубиков [7].

К СТАТЬЕ П. В. КЛАДИЕВОЙ, А. Е. НАУМОВА, П. А. ХАЗОВА
«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ
ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТАМИ С РАЗВИТОЙ
БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ»

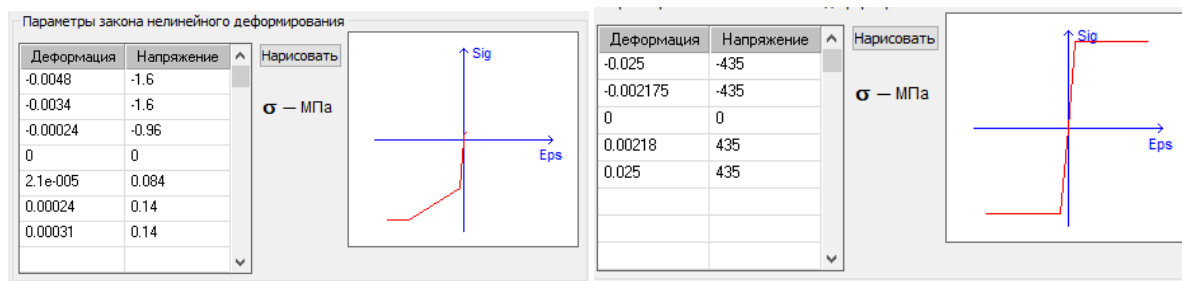


Рис. 1. Физико-механические свойства материалов, заданные кусочно-линейными диаграммами: трехлинейная диаграмма ячеистого бетона (слева) и двухлинейная диаграмма стали элементов армирования (пластин и стержня) (справа)

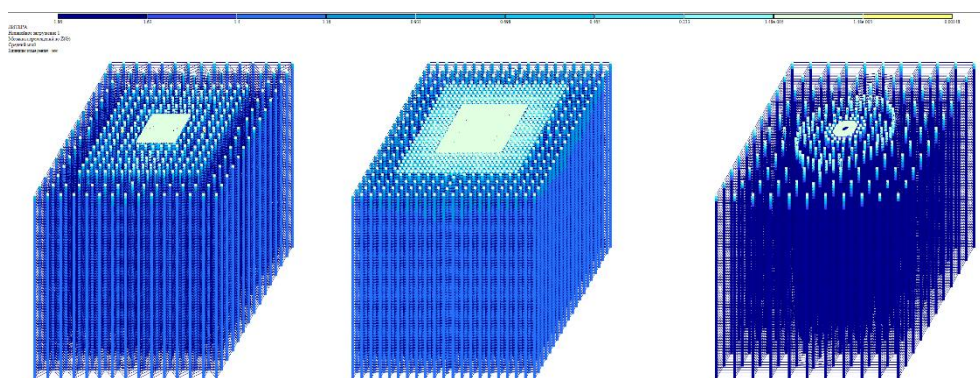


Рис. 2. Расчетные перемещения по оси Z испытываемых на выдергивание численных моделей бетонных кубиков (слева направо: образец, армированный стальной пластиной 20x3,93; образец, армированный стальной пластиной 30x2,62; образец, армированный арматурным стержнем $d10$)

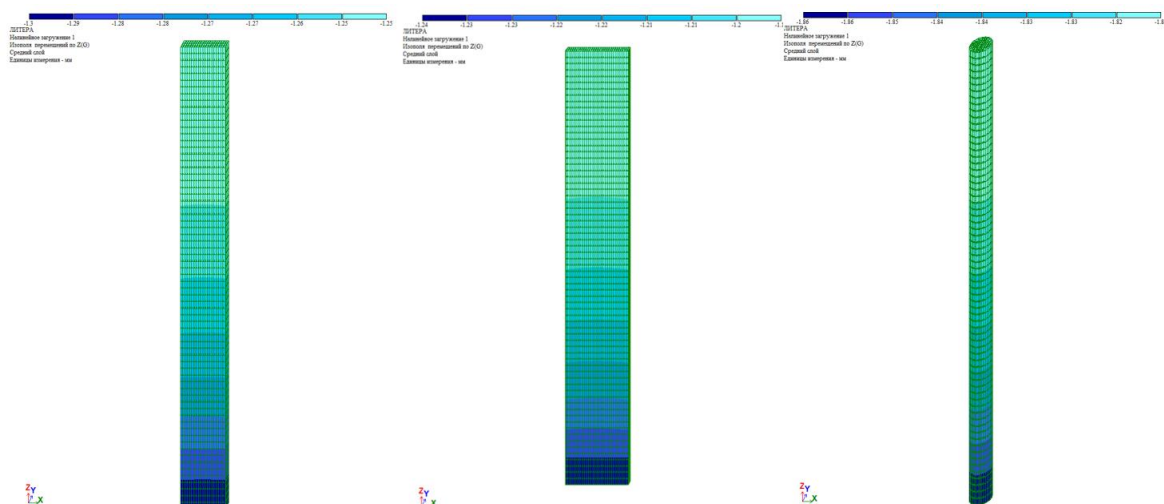


Рис. 3. Расчетные перемещения численных моделей арматурных элементов (слева направо: пластина 20х3,93; пластина 30х2,62; стержень $d10$), мм

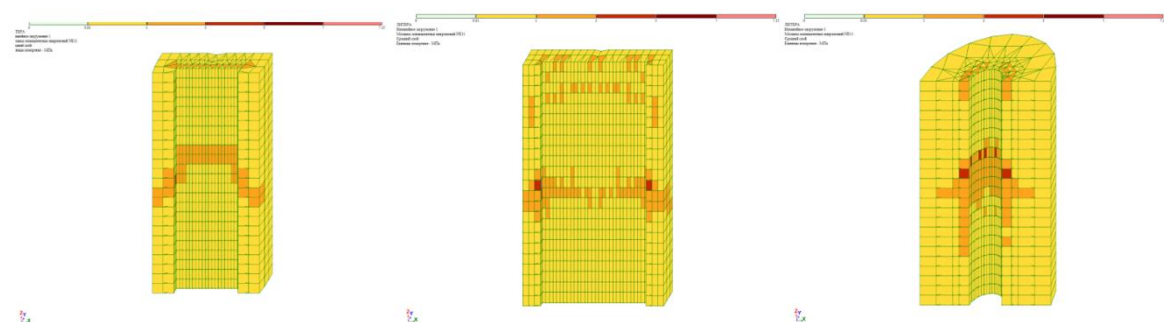


Рис. 4. Расчетные эквивалентные напряжения в контактных слоях бетона численных моделей кубиков (слева направо: образец с пластиной 20х3,93; образец с пластиной 30х2,62; образец со стержнем $d10$), МПа

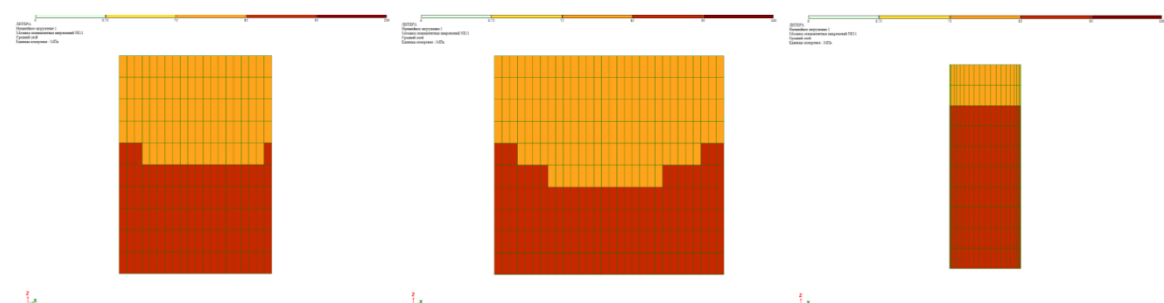


Рис. 5. Расчетные главные напряжения в нижних краевых частях численных моделей образцов арматурных элементов (слева направо: пластина 20х3,93; пластина 30х2,62; стержень $d10$), МПа

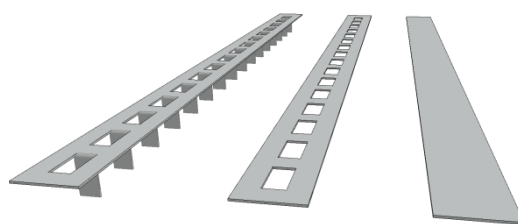


Рис. 2. Прототипы исследуемых арматурных элементов с развитой боковой поверхностью (стальных зубчатых лент): слева-направо – сквозная лента с анкерным зубом, сквозная лента с выбитым зубом, сплошная лента

В расчет приняты кубики с гранью 200х200х200 мм из ячеистого бетона класса В2,5. В качестве исследуемых арматурных элементов приняты сплошные стальные пластины прямоугольного поперечного сечения 20х3,93 мм и 30х2,62 А500 мм и эквивалентный по приведенной площади арматурный стержень диаметром 10 мм аналогичной марки стали.

Принципиальная схема численного эксперимента аналогичная для всех видов исследуемых арматурных элементов и представляет собой заглубление арматурного элемента с площадью поперечного сечения равной 78,53 мм² в бетонный кубик на длину 198 мм с приложенным к нему вытаскивающим усилием равным 7 кН (рис. 3).

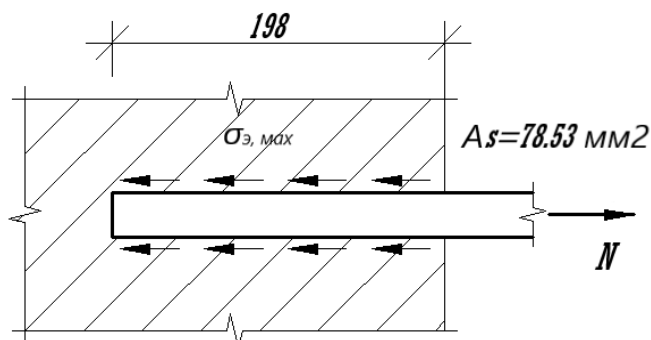


Рис. 3. Принципиальная схема численного эксперимента на выдергивание

Прочностные и деформативные характеристики ячеистого бетона, стальных пластин и арматурного стержня (А500 и аналогичного класса) (рис. 1 цв. вклейки) принимались согласно СТО НААГ 3.1–2013 «Конструкции с применением автоклавного газобетона в строительстве зданий и сооружений. Правила проектирования и строительства», п. 6.2 СП 63.13330.2018 и СП 351.1325800.2017. Прочностные и деформативные свойства ячеистого бетона задавались трехлинейной диаграммой с начальным модулем деформации $E_b = 1300$ МПа, прочностями бетона $R_{b,n} = 1,6$ МПа ($R_b = 0,96$ МПа) и $R_{bt,n} = 0,14$ МПа ($R_{bt} = 0,084$ МПа), коэффициентом ползучести $\varphi_{b,cr} = 3,9$ (для бетонов класса ниже В10), относительными деформациями бетона при продолжительном действии нагрузки при сжатии

$$\begin{aligned} \varepsilon_{bI} &= 0,6R_b/E_{b,\tau} \\ \varepsilon_{bI} &= 0,00024, \varepsilon_{b0} = 0,0034, \varepsilon_{b2} = 0,0048 \end{aligned} \quad (1)$$



и при растяжении

$$\varepsilon_{b1} = 0,6R_{bt}/E_{b,\tau}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_{b1} = 0,00021, \varepsilon_{b0} = 0,00024, \varepsilon_{b2} = 0,00031.$$

Прочностные и деформативные свойства стали арматурных элементов задавались двухлинейной диаграммой с модулем деформации $E_s = 206000$ МПа, прочностью стали $R_s = 435$ МПа, относительными деформациями стали $\varepsilon_{s0} = R_s/E_s = 0,00218$, $\varepsilon_{s2} = 0,025$.

Результаты численного испытания на выдергивание и количественные расчетные показатели сравниваемых арматурных элементов представлены в таблице.

Результаты численного испытания

Показатель	Пластина 20x3,93	Пластина 30x2,62	Стержень d10
Максимальные главные эквивалентные напряжения в стали, МПа	89	89,9	91,4
	97%	98%	100%
Максимальные главные эквивалентные напряжения в контактных слоях бетона, МПа	4,6	4,4	7,32
	63%	60%	100%
Абсолютное удлинение арматурного элемента, мм	1,30	1,24	1,86
	70%	67%	100%
Относительное удлинение зоны армирования в пределах контактных слоев бетона, %	0,7	0,6	0,9
	69%	67%	100%

Расчетные перемещения узлов бетонной части образца в прианкерной зоне (рис. 2 цв. вклейки) находятся в пределах до 2 мм. Расчетные перемещения торцов арматурных элементов с приложенным вытаскивающим усилием (рис. 3 цв. вклейки) позволяют установить абсолютное удлинение элементов: арматурный стержень получил максимальное удлинение, равное 1,86 мм, при этом пластины удлинлись на 33% меньше, что, при равенстве деформаций самих стальных элементов, свидетельствует о существенно больших деформациях контактного слоя примыкания бетона к стержню, что количественно подтверждает эффект распределения напряжений контактного слоя бетона по большей боковой поверхности стержня с развитым периметром сечения и существенно улучшает условия работы арматуры на вытаскивание, увеличивая конструктивный коэффициент работы арматурного элемента в объеме макропористого ячеистого бетона [8].

Сечения моделей образцов бетонных кубиков представлены (рис. 4 цв. вклейки). Образец, армированный пластиной 20x3,93, демонстрирует значительно меньшую концентрацию и более равномерное распределение напряжений в зоне армирования в пределах контактных слоев бетона, по сравнению с образцом, армированным традиционным арматурным стержнем, напряжения в приарматурных объемах которого на 35% выше [9]. Бетонный образец, армированный пластиной 30x2,62, показывает напряжения, сопоставимые с образцом, армированный арматурным стержнем d10, но более распределенные по площади зоны армирования напряжения, что свидетельствует



о большем и наиболее эффективном включении стали в совместную работу конструкции [10].

Оценка получаемого изменения распределения напряжений в приопорном слое бетона при использовании арматурного элемента развитой боковой поверхности выполнялась определением и сравнением эквивалентных напряжений в бетоне, вычисленных по результатам расчета в энергетической теории по критерию Писаренко-Лебедева с предельными характеристиками напряжений растяжения и сжатия для бетона $R_t = 0,14$ МПа, $R_c = 1,6$ МПа и стали $R_t = 435$ МПа, $R_c = 435$ МПа [11]. Сравнение площадей разрушения контактных слоев, определенное по визуализированным контактным площадкам, напряженным эквивалентными напряжениями σ_e величиной более R_t свидетельствует о существенно большем разрушении зон (потери контакта арматуры с бетоном) в случае стержневого армирования элемента по отношению к ленточному и, ориентировочно, в 1,5 раза большей сохранности контактной зоны в случае армирования лентой 30 мм, т.е. лентой с большей расчетной площадью контакта. Длина стержня в пределах зоны потери контакта (разрушения) в случае стержневого армирования составляет до 100 мм, в случае ленточного армирования – до 50 и 40 мм для армирования лентами шириной 20 и 30 мм соответственно, что составляет 50%, 25% и 20% всей контактной площади приарматурных слоев бетона. Потеря контакта арматуры с бетоном (разрушение контактных площадок) приводит к росту напряжений в сохранившихся и увеличивает величину перемещений стержня в бетоне (величину продергивания), достигающую значений более 2 мм, выключающих арматуру из работы элемента на изгиб и приводящую к лавинообразному росту разрушений в нормальных сечениях балки.

Расчетные эквивалентные напряжения арматурных элементов составляют до 90 МПа для всех образцов, что не превышает нормативной прочности стали на растяжение [12]. Расчетные главные напряжения растяжения (рис. 5 цв. вклейки) в краевых частях численных моделей образцов стальных пластин 20х3,93 и 30х2,62 соответствуют примерно равному уровню развиваемых напряжений, однако убывают быстрее по сравнению с арматурным стержнем и представляют более равномерное распределение по площади сечения, с включением меньшей высоты стержня в напряжения максимального значения [13].

Результаты численного эксперимента исследования параметров напряженно-деформированного состояния моделей арматурных элементов с развитой боковой поверхностью при выдергивании из образцов ячеистобетонных кубиков позволяют отметить меньшую вероятность продергивания и большую включенность арматуры в совместную работу с бетоном на предельных нагрузках, что позволит обеспечить большую несущую способность ячеистобетонных конструкций, работающих на изгиб, по обоим группам предельных состояний до 15-20% по сравнению со стержневым армированием аналогичной ресурсоемкости [14]. Дальнейший анализ результатов исследования представляет большой интерес и подтверждает предположения о неоднозначности подходов к решению данной задачи, а также не позволяет установить надежную зависимость прочности сцепления на границе бетон-сталь от совокупности влияющих факторов в реальных условиях нагружения. Верификация исследования натурным экспериментом в сочетании с численным моделированием позволит зафиксировать эффективность применения



армирования с развитой боковой поверхностью в конструкциях из ячеистых бетонов для подходов ресурсоэффективного проектирования зданий с замкнутым тепловым контуром [15].

Благодарности. Работа выполнена в рамках Программы «Приоритет 2030» на базе Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаричев, В. В. Исследование армированных конструкций из ячеистых бетонов / В. В. Макаричев, К. М. Милейковская. – Москва : Гостройиздат, 1963. – 99 с. – Текст : непосредственный.
2. Кладиева, П. В. Теоретическое обоснование повышения эффективности армирования изгибаемых ячеистобетонных конструкций / П. В. Кладиева, В. М. Мозговой, М. В. Моисеев. – Текст : электронный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2021. – № 6. – С. 27–35. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-6-27-35.
3. Kladieva, P. V. 2020 Improvement directions of technical regulations in the field of reinforced cellular concrete structures / P. V. Kladieva, Yu. A. Koshlich // Ibuildintech bit 2020. Innovations and technologies in construction op conf. Series : materials science and engineering 945 (2020) 012059 IOP. – DOI 10.1088/1757-899X/945/1/012059.
4. Devi, N. R. Influence of strain rate on the mechanical properties of autoclaved aerated concrete / N. R. Devi, P. K. Dhir, P. Pradip Sarkar // Journal of Building Engineering. – Amsterdam, 2022. – № 57. – DOI 10.1016/j.jobbe.2022.104830.
5. Панченко, Л. А. Расчет фибробетонных конструкций с учетом физической нелинейности / Л. А. Панченко. – Текст : электронный // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2022. – № 1. – С. 44–50. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-7-1-44-50.
6. К оценке прочности изгибаемых сталебетонных элементов из ячеистого бетона, армированных холодногнутым профилем / О. И. Ефимов, Ф. С. Замалиев, Н. Н. Ласьков, Я. С. Г. Аль-хаснави. – Текст : электронный // Строительная механика и расчет сооружений. – 2021. – № 6 (299). – С. 7–12. – DOI 10.37538/0039-2383.2021.6.7.12.
7. Сцепление жёсткой арматуры и ячеистого бетона / Я. С. Г. Аль-Хаснави, Н. Н. Ласьков, О. И. Ефимов, Ф. С. Замалиев. – Текст : электронный // Региональная архитектура и строительство. – 2021. – № 4 (49). – С. 79–87. – DOI 10.54734/20722958_2021_4_79.
8. Karaburc, S. N. Evaluation of the basalt fiber reinforced pumice lightweight concrete / S. N. Karaburc, S. A. Yildizel, G. C. Calis // Magazine of Civil Engineering. – 2020. – № 2 (94). – С. 81–92. – DOI 10.18720/MCE.94.7.
9. К вопросу о проектировании балки из ячеистого бетона с жёсткой арматурой / Я. С. Г. Аль-Хаснави, Н. Н. Ласьков, О. И. Ефимов, Ф. С. Замалиев. – Текст : электронный // Региональная архитектура и строительство. – 2021. – № 3 (48). – С. 137–143. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46714295_67154672.pdf.
10. Efimov, O. Stress-strain state prediction for statically indeterminate system with accounting for malfunctioning of rod elements production / O. Efimov, A. Salimov // IOP conference series : materials science and engineering. Kazan, Russia, 2020. – Kazan, 2020. – С. – 012067. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012067.
11. Аль-Хаснави, Я. С. Г. Исследование работы балок из ячеистого бетона, армированных легкимистальными тонкостенными конструкциями / Я. С. Г. Аль-Хаснави. – Текст : электронный // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов



Всероссийской научно-практической конференции / Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2019. – С. 11–14. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_41416800_29407021.pdf.

12. Кладиева, П. В. Стальные ленты армирования изгибаемых ячеистобетонных конструкций / П. В. Кладиева. – Текст : электронный // VII Международный студенческий строительный форум – 2022, 24 ноября 2022 г. : сборник трудов конференции / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – Белгород, 2022. – С. 43–46. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50171661_33540627.pdf.

13. Otsokov, K. A. Innovative technologies in construction and their use in organizational and technological events / K. A. Otsokov // Construction materials and products. – 2020. – № 3 (1). – P. 7–13. – DOI 10.34031/2618-7183-2020-3-1-7-13.

14. Беликова Е. А. Современные теории и прикладные методики проектирования ячеистобетонных и армированных ячеистобетонных конструкций / Е. А. Беликова, П. В. Кладиева. – Текст : электронный // Образование. Наука. Производство : XIV Международный молодежный форум : сборник трудов конференции / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – Белгород, 2022. – С. 58–62. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50058437_44341561.pdf.

15. Resource-energy-saving technologies and equipment for complex processing of man-made materials / V. S. Sevostyanov, N. T. Shain, S. V. Sverguzova [et al.] // Journal of advanced materials and technologies. 2021. – Том 6, № 4. – С. 279–290. – DOI 10.17277/jamt.2021.04.pp.279-290.

KLADIEVA Polina Viktorovna¹, senior teacher of the chair of construction management and real estate; NAUMOV Andrey Evgenievich¹, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of construction management and real estate; KHAZOV Pavel Alekseevich², candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theories of structures and technical mechanics

INCREASING THE EFFICIENCY OF STEEL REINFORCEMENT OF CELLULAR CONCRETE STRUCTURES WITH ELEMENTS WITH DEVELOPED SIDE SURFACE

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

46, Kostyukova St., Belgorod, 308012, Russia.

Tel.: +7 (980) 375-53-71; e-mail: davidenkopolly@mail.ru

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (951) 919-09-19; e-mail: khazov.nngasu@mail.ru

Key words: reinforced cellular concrete, cellular concrete bent structures, strip reinforcement, reinforcing elements with a developed lateral surface, pulling out reinforcement, stress-strain state of reinforcing elements.

The paper considers and substantively examines the hypothesis: an increase in the area of the contact layer with concrete increases the resistance of the reinforcement element to pulling out, which increases the coefficient of constructive use of the reinforcement, and brings the calculated values of stresses in the elements closer to the actual values during the actual operation of the structure. The results of a numerical study of the stress-strain state parameters of models of reinforcing elements with a developed lateral surface when pulling out of cellular concrete samples in comparison with the test of traditional core reinforcement are presented.

REFERENCES

1. Makarichev V. V., Mileikovskaya K. M. Issledovanie armirovannykh konstrukcy iz yacheistyykh betonov [Research of reinforced structures made of cellular concrete]. Moscow, Gostroizdat, 1963, 99 p.
2. Kladieva P. V., Mozgovoy V. M., Moiseev M. V. Teoreticheskoe obosnovanie povysheniya effektivnosti armirovaniya izgibaemykh yacheistobetonnykh konstrukcy [Theoretical substantiation of increasing the efficiency of reinforcement of bent cellular concrete structures]. Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V. G. Shukhova [Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov]. 2021, № 6, P. 27-35. DOI:10.34031/2071-7318-2021-6-6-27-35.
3. Kladieva P. V., Koshlich Yu. A. 2020 Improvement directions of technical regulations in the field of reinforced cellular concrete structures. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 945 (2020) 012059 IOP DOI: 10.1088/1757-899X/945/1/012059.
4. Devi N. R., Dhir P. K., Pradip Sarkar P. Influence of strain rate on the mechanical properties of autoclaved aerated concrete // Journal of Building Engineering 57 (2022) DOI: 10.1016/j.jobbe.2022.104830.
5. Panchenko L. A. Raschet fibrobetonnykh konstrukcy s uchedom fizcheskoy nelineynosti [Calculation of fiber-reinforced concrete structures taking into account physical nonlinearity] Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V. G. Shukhova [Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov]. 2022, № 1, P. 44-50 DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-1-44-50.
6. Efimov O. I., Zamaliev F. S., Laskov N. N., Al-hasnavi Ya. S. G. K otsenke prochnosti izgibaemykh stalebetonnykh elementov iz yacheistogo betona, armirovannykh holodnognutym profilem [To assess the strength of bent steel-concrete elements made of cellular concrete reinforced with a cold-bent profile] Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy [Construction mechanics and calculation of structures]. 2021, № 6 (299), P. 7-12 DOI: 10.37538/0039-2383.2021.6.7.12.
7. Al-Hasnavi Ya. S. G., Laskov N. N., Efimov O. I., Zamaliev F. S. Ctseplenie zhyostkoy armatury i yacheistogo betona [Coupling of rigid reinforcement and cellular concrete]. Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo [Regional architecture and construction]. 2021, № 4 (49), P. 79-87.
8. Karaburc S. N., Yildizel S. A., Calis G. C. Evaluation of the basalt fiber reinforced pumice lightweight concrete. Magazine of Civil Engineering. 2020. № 2 (94). P. 81-92. DOI: 10.18720/MCE.94.7.
9. Al-Hasnavi Ya. S. G., Laskov N. N., Efimov O. I., Zamaliev F. S. K voprosu o proektirovani balki iz yacheistogo betona s zhyostkoy armaturoy [On the issue of designing a beam made of cellular concrete with rigid reinforcement]. Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo [Regional architecture and construction]. 2021, № 3 (48), P. 137-143.
10. Efimov O., Salimov A. Stress-strain state prediction for statically indeterminate system with accounting for malfunctioning of rod elements production. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. Kazan, Russia, 2020. P. 012067. DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012067.
11. Al-Hasnavi Ya. S. G. Issledovanie raboty balok iz yacheistogo betona, armirovannykh legkimistalnymi tonkostennymi konstruktsiyami [Investigation of the work of beams made of cellular concrete reinforced with light-steel thin-walled structures]. Innovatsionnye metody proektirovaniya stroitel'nykh konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy [Innovative methods of designing building structures of buildings and structures]. Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konf. Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet. 2019, P. 11-14.
12. Kladieva P. V. Stal'nye lenty armirovaniya izgibaemykh yacheistobetonnykh konstruktsiy [Steel reinforcement bands of bent cellular concrete structures]. Sbornik dokladov VII Mezhdunarodnogo studencheskogo stroitel'nogo foruma. Belgorod, 2022, P. 43-46.



13. Otsokov K. A. Innovative technologies in construction and their use in organizational and technological events. Construction Materials and Products. 2020. 3 (1). P. 7-13. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-1-7-13.

14. Belikova E. A., Kladieva P. V. Sovremennye teorii i prikladnye metodiki proektirovaniya yacheistobetonnykh i armirovannykh yacheistobetonnykh konstruktsiy [Modern theories and applied techniques for designing cellular concrete and reinforced cellular concrete structures] Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo [Education. Science. Production]. Sbornik dokladov XIV Mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma. Belgorod, 2022, P. 58-62.

15. Sevostyanov V. S., Shain N. T., Sverguzova S. V., Sevostyanov M. V., Perelygin D. N., Uralskij A. V. Resource-energy-saving technologies and equipment for complex processing of man-made materials // Journal of Advanced Materials and Technologies. 2021. Vol. 6. № 4. P. 279-290. DOI: 10.17277/jamt.2021.04. P. 279-290.

© П. В. Кладиева, А.Е. Наумов, П. А. Хазов, 2025

Получено: 24.12.2024 г.



УДК 624.014.2

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

РАСЧЕТ ПОДКРАНОВО-ПОДСТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ С УЧЕТОМ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ УЗЛОВ ПРИМЫКАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕШЕТКИ К ЕЗДОВОМУ НИЖНЕМУ ПОЯСУ

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: подкрановые конструкции, металлические конструкции, методика расчета, НДС, МКЭ, аналитический расчет.

До настоящего времени отсутствовала методика предварительного расчета подкраново-подстропильных ферм. Методика аналитического расчета, рекомендуемая Руководством по проектированию стальных подкрановых конструкций, не учитывает жесткость узловых соединений и вовлечение в пространственную работу ездового пояса на горизонтальный изгиб и кручение других элементов конструкции. В данной статье приведено сравнение результатов расчета подкраново-подстропильной фермы по составленной аналитической методике предварительного расчета с результатами расчета по аналитической методике Руководства по проектированию стальных подкрановых конструкций и результатами численных расчетов.

Введение

Подкраново-подстропильные фермы (ППФ) – уникальные большепролетные конструкции, одновременно выполняющие функции подстропильных и подкрановых ферм [1]. Ездовой нижний пояс предназначен не только для работы на вертикальный изгиб, но и на кручение, вызываемое односторонним расположением крана [2, 3], а также на горизонтальный изгиб, вызываемый торможением тележки крана [4]. Пояс, по которому перемещается кран, представляет собой призматическую складчатую систему, изучением работы которой на основе теории тонкостенных стержней В. З. Власова и А. А. Уманского [5-7] занимались Б. Б. Лампси, Е. А. Бейлин и др. [8, 9].

До настоящего времени отсутствовала методика предварительного расчета ППФ. Методика аналитического расчета, приведенная в [10], не учитывает жесткость узловых соединений и вовлечение в пространственную работу ездового пояса на горизонтальный изгиб и кручение других элементов конструкции. В исследованиях [11-14] представлены положения разработанной методики определения усилий в элементах ППФ с учетом влияния узлов сопряжения элементов решетки с ездовым поясом на его пространственную работу. В монографии [15] приведена составленная методика предварительного расчета ППФ.

В статьях [13, 14] приведено сравнение результатов расчетов ППФ с результатами натурных измерений. В данной статье приведено сравнение результатов расчета продольной ППФ по составленной аналитической методике предварительного расчета [15] с результатами расчета по аналитической методике

Руководства по проектированию стальных подкрановых конструкций [10] и результатами численных расчетов.

Методы исследования

Объект исследования – ППФ конвертерного отделения кислородно-конвертерного цеха Магнитогорского металлургического комбината. Тип конструкции – продольная ППФ с неразрезным нижним поясом, пролет – 36 м, высота – 15,44 м (рис. 1).

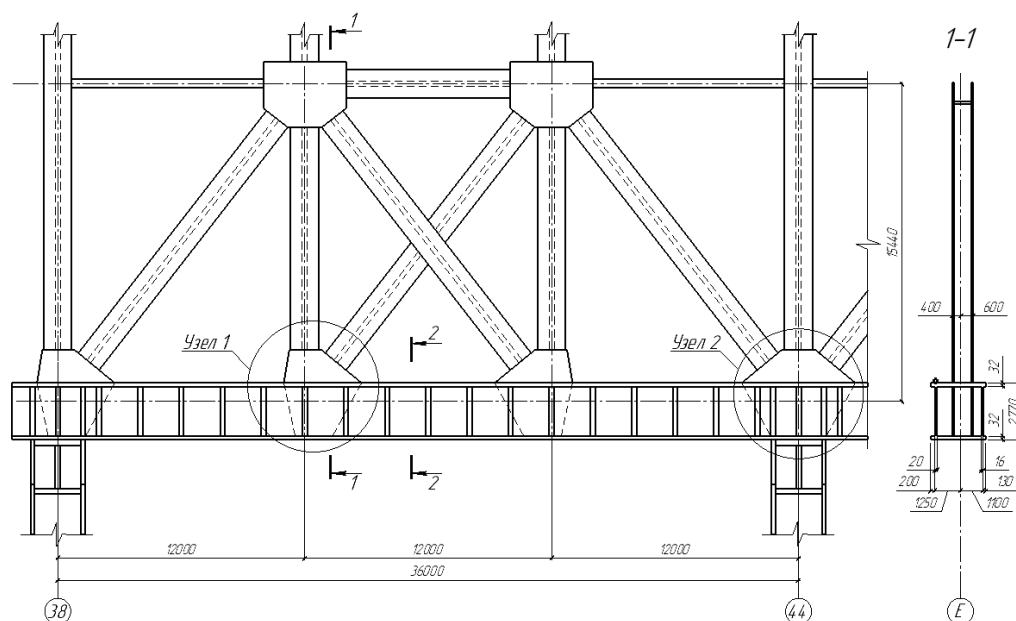


Рис. 1. Объект исследования

Рассмотрены следующие виды нагрузок и воздействий:

- а) нагрузки от собственного веса ППФ и веса поддерживаемых ею элементов конструкций (стропильные фермы, конструкций покрытия и т.п.);
- б) вертикальное давление мостового крана;
- в) горизонтальное воздействие крана.

Методики расчета:

1. Аналитическая в соответствии с рекомендациями [10];
2. Предлагаемая аналитическая методика [15];
3. Численный расчет плоской стержневой модели однопролетной ППФ [16] (рис. 2);

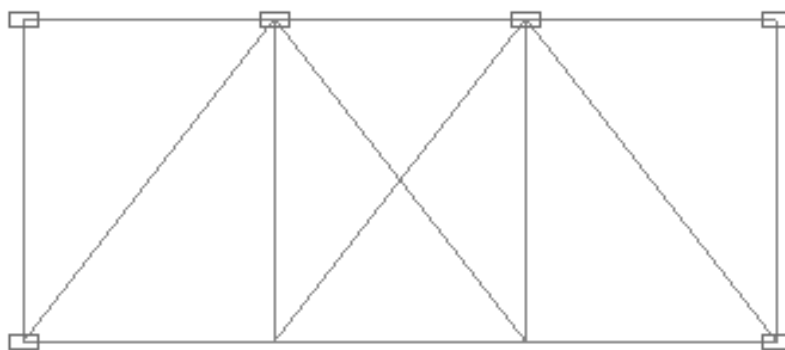


Рис. 2. Модель для расчета по методике № 3

4. Численный расчет плоской стержневой модели неразрезной ППФ (рис. 3);

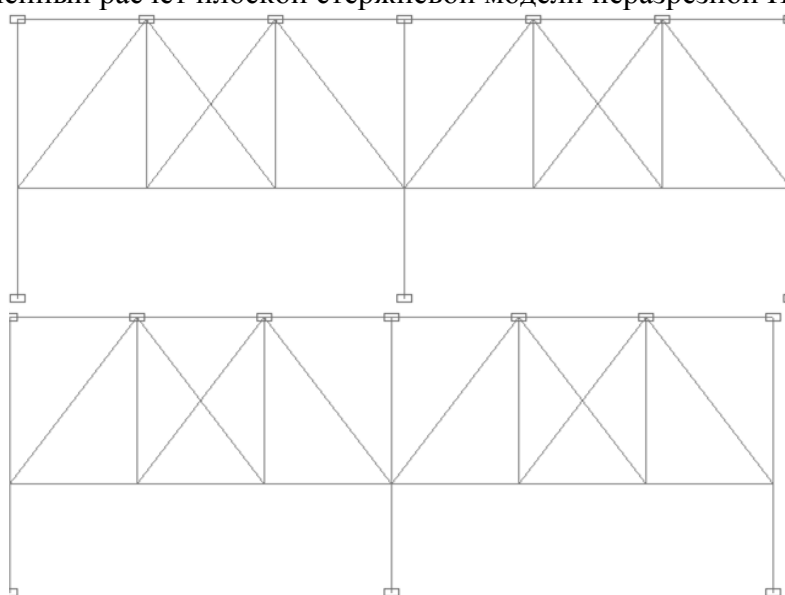


Рис. 3. Модель для расчета по методике № 4

5. Численный расчет пространственной модели из оболочечных конечных элементов (рис. 4).

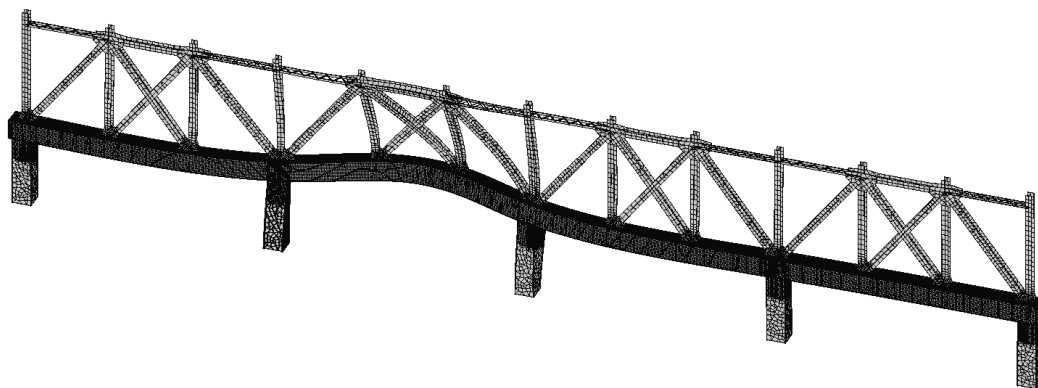


Рис. 4. Деформации модели для расчета по методике № 5 при горизонтальной нагрузке от торможения крана в середине пролета

Перечисленными методиками определены усилия и напряжения в середине пролета (сечение 2–2 рис. 1) для каждого из указанных выше видов нагрузки. Загружение осуществлялось одним краном грузоподъемностью 450 т. Вес груза – 396 т. Рассмотрены два наиболее опасных [17, 18] положения крана – в середине пролета и на опоре. Значение горизонтальной нагрузки от торможения тележки определено по [15] в соответствии с указаниями СП 20.13330.2016.

Результаты

Результаты определения напряжений приведены на рис. 5 и 6.

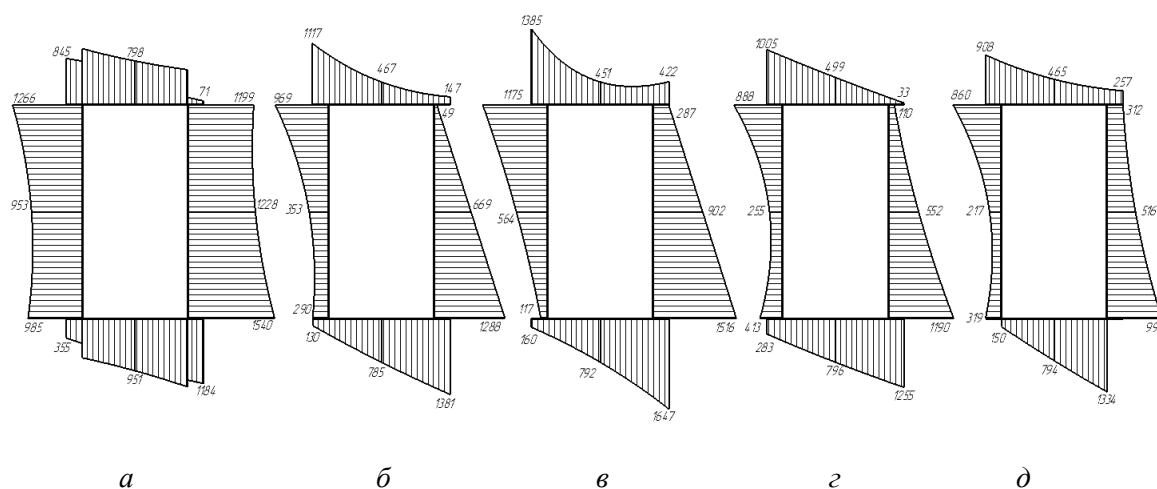
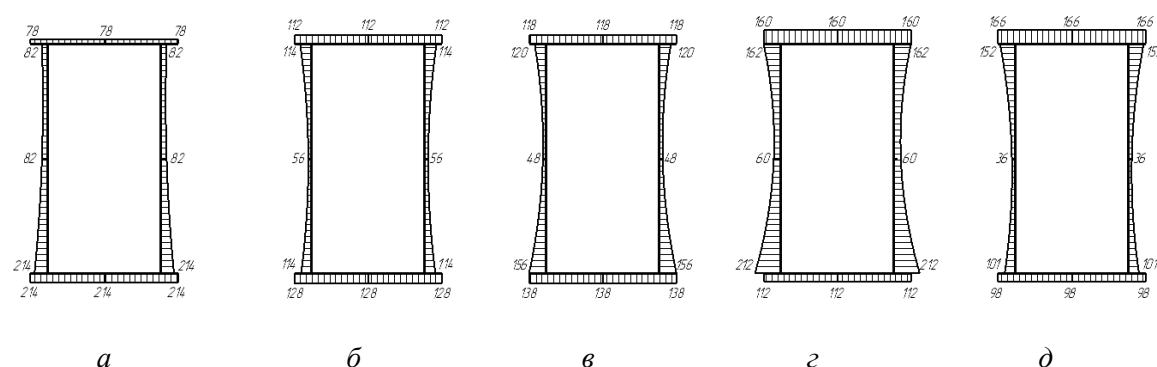


Рис. 5. Эпюры эквивалентных напряжений $[\text{кгс/см}^2]$ ездового пояса в середине пролета (сечение 2–2 рис. 1), полученные: а – по методике № 1; б – по методике № 2; в – по методике № 3; г – по методике № 4; д – по методике № 5 (постоянная и крановая нагрузки)



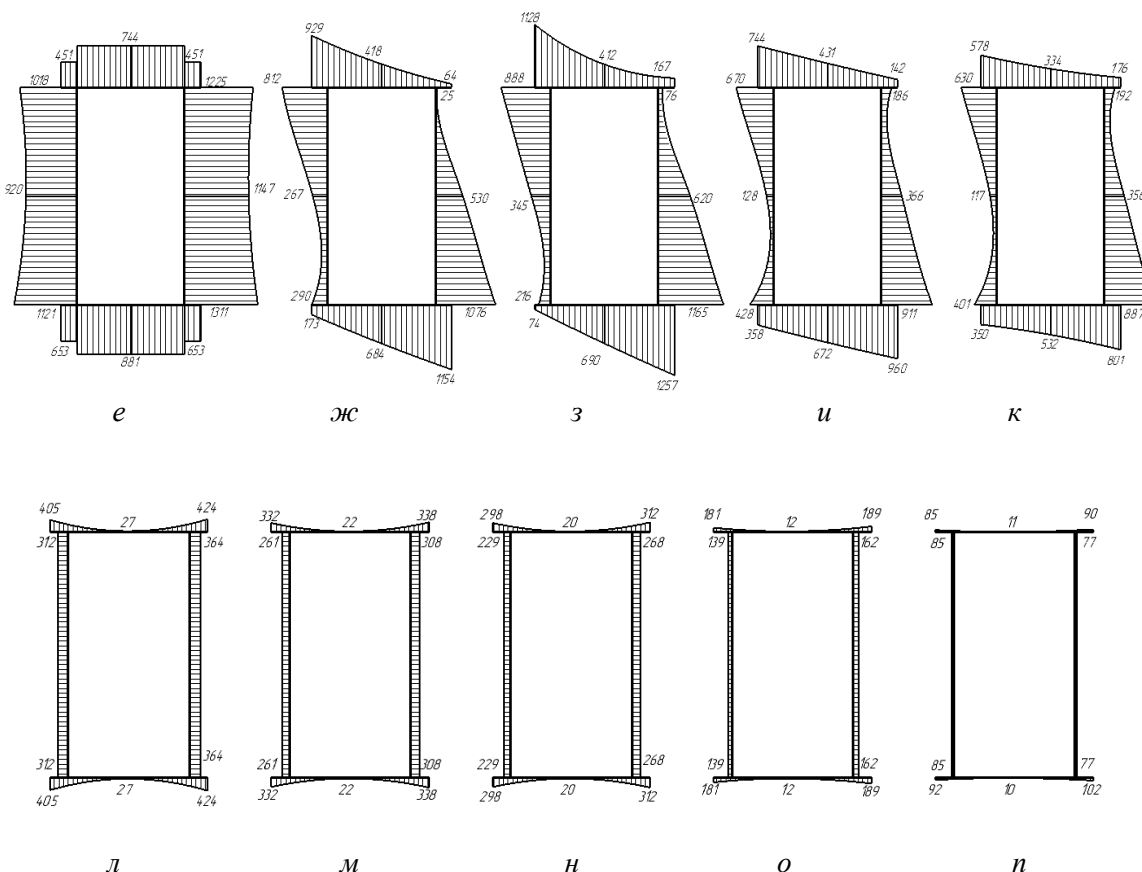


Рис. 6. Эпюры эквивалентных напряжений [кгс/см²] ездового пояса в середине пролета (сечение 2–2 рис. 1), полученные: а – по методике № 1; б – по методике № 2; в – по методике № 3; г – по методике № 4; д – по методике № 5 (постоянная нагрузка); е – по методике № 1; ж – по методике № 2; з – по методике № 3; и – по методике № 4; к – по методике № 5 (нагрузка от крана с одной стороны в середине пролета); л – по методике № 1; м – по методике № 2; н – по методике № 3; о – по методике № 4; п – по методике № 5 (нагрузка от торможения тележки крана в середине пролета)

При переходе от пространственной к плоской КЭ модели максимальные напряжения в рассматриваемом сечении:

- при вертикальном изгибе в стенках возрастают на 6 %, в верхней полке снижаются на 4 %, в нижней полке возрастают на 14 %;
- при кручении в стенках возрастают на 3 %, в верхней полке – на 22 %, в нижней полке – на 17 %;
- при горизонтальном изгибе в стенках и полках возрастают более чем в 2 раза.

При переходе от плоской неразрезной к плоской однопролетной конечно-элементной модели максимальные напряжения в рассматриваемом сечении:

- при вертикальном изгибе в стенках и верхней полке снижаются на 24 %, в нижней полке возрастают на 19 %;
- при кручении в стенках и нижней полке возрастают на 22 %, в верхней полке – на 34 %;
- при горизонтальном изгибе в стенках и полках возрастают на 40%.



Погрешность в определении максимальных напряжений предложенной аналитической методикой относительно однопролетной плоской стержневой расчетной модели составляет:

- при вертикальном изгибе в стенках – 27 %, в полках – 5 %;
- при кручении в стенках и нижней полке – 8 %, в верхней полке – 18 %;
- при горизонтальном изгибе в стенках и полках – 12 %.

Погрешность в определении максимальных напряжений аналитической методикой [10] относительно однопролетной плоской стержневой расчетной модели составляет:

- при вертикальном изгибе в стенках – 27 %, в верхней полке – 34 %, в нижней полке – 50 %;
- при кручении в стенках – 21 %, в верхней полке – 54 %, в нижней полке – 30 %;
- при горизонтальном изгибе в стенках и полках – 30 %.

Погрешность в определении максимальных напряжений численным расчетом по однопролетной плоской стержневой расчетной модели относительно пространственной неразрезной расчетной модели составляет:

- при вертикальном изгибе в стенках – 21 %, в полках – 29 %;
- при кручении в стенках – 29 %, в верхней полке – 49 %, в нижней полке – 56 %;
- при горизонтальном изгибе напряжения в плоской модели более чем в три раза выше напряжений в пространственной модели.

Погрешность в определении максимальных напряжений предложенной аналитической методикой относительно пространственной неразрезной расчетной модели составляет:

- при вертикальном изгибе в стенках и верхней полке – 31 %, в нижней полке – 23 %;
- при кручении в стенках – 18 %, в верхней полке – 38 %, в нижней полке – 30 %;
- при горизонтальном изгибе напряжения, полученные аналитическим расчетом, также как и напряжения, полученные численным расчетом по плоской модели, более чем в три раза выше напряжений в пространственной модели.

Погрешность в определении максимальных напряжений аналитической методикой [10] относительно пространственной неразрезной расчетной модели составляет:

- при вертикальном изгибе напряжения, полученные аналитическим расчетом, более чем в два раза выше напряжений в пространственной модели;
- при кручении в верхней полке – 23 %, в нижней полке – 9 %, в стенках напряжения, полученные аналитическим расчетом, в полтора раза выше напряжений в пространственной модели;
- при горизонтальном изгибе напряжения, полученные аналитическим расчетом, более чем в четыре раза выше напряжений в пространственной модели.

Существенное снижение точности результатов расчета происходит при переходе от неразрезной к разрезной модели [19, 20]. Необходимо рассмотреть возможность разработки метода учета неразрезности многопролетных ППФ на стадии предварительного расчета. Проверочный расчет многопролетных ППФ следует проводить по неразрезной модели [21].

Формы эпюр эквивалентных напряжений от постоянной и тормозной крановой нагрузок, полученных различными методами, совпадают. При горизонтальном изгибе ездового пояса аналитические расчеты и численные расчеты с применением плоских стержневых расчетных схем дают значительную погрешность в определении напряжений относительно пространственной расчетной схемы. Вклад составляющей от горизонтального изгиба, вызванного торможением крановой тележки, в общее напряженное состояние не превышает 10% [13]. Минимальная погрешность в определении напряжений от горизонтального изгиба при аналитических и численных расчетах с использованием плоских стержневых систем – более 200 % [14]. Требуется дополнительное исследование напряженно-деформированного состояния ППФ при горизонтальном изгибе для оценки необходимости учета нагрузки от торможения тележки крана на стадии предварительного расчета и разработки более точных методов определения напряжений в ездовом поясе ППФ при горизонтальном изгибе. Проверочный расчет ППФ следует проводить по пространственной расчетной схеме с применением оболочечных конечных элементов [12, 14, 21].

Форма эпюры эквивалентных напряжений от односторонне приложенной вертикальной крановой нагрузки, полученная ранее используемой аналитической методикой, имеет искаженную форму относительно эпюр, полученных другими методами. С каждым шагом упрощения расчетной схемы точность определения напряжений снижается. Это подтверждает необходимость использования на стадии проверочного численного расчета пространственной модели из оболочечных конечных элементов.

Предложенная аналитическая методика предварительного расчета позволяет значительно увеличить точность определения напряжения в сравнении с ранее используемой аналитической методикой [10]. Точность определения максимальных напряжений в рассматриваемом сечении (сечение 2–2 рис. 1) относительно результатов численного расчета пространственной модели в сравнении с методикой [10] возрастает:

- при вертикальном изгибе в стенках – на 16 %, в верхней полке – на 20 %, в нижней полке – на 86 %;
- при кручении, вызванном односторонне приложенной крановой нагрузкой – на 27 %;
- при горизонтальном изгибе, вызванном торможением тележки крана, в стенках – на 23 %, в верхней и нижней полках – на 96 %.

Выполнена проверка по предельным состояниям.

При выполнении расчета по предельным состояниям приложены все нагрузки в соответствии с пунктом 4.1 [15].

Наибольшие напряжения возникают в ездовом поясе в зоне примыкания к верхней полке стенки и опорной диафрагмы и зоне стыка ребер жесткости с поясами и стенкой [17, 18].

Максимальное напряжение при расположении двух кранов в середине пролета в зоне сопряжения прорезной фасонки с опорной диафрагмой $\sigma_{max} = 55779 \text{ кгс/см}^2 > [\sigma]_{max} = 52000 \text{ кгс/см}^2$, что соответствует результатам натурных измерений [22, 23].

Проверка по второй группе предельных состояний по вертикальному предельному прогибу:



$$f = 20,8 \text{ мм} < f_u = \frac{36000}{600} = 60 \text{ мм}.$$

Проверка по второй группе предельных состояний по горизонтальному предельному прогибу в соответствии с прил. Д СП 20.13330.2016 проводится от сил торможения тележки одного крана:

$$f_t = 3,5 \text{ мм} < f_u = \frac{36000}{2000} = 18 \text{ мм}.$$

Так как при кручении ездовой пояса ППФ испытывает горизонтальный изгиб, в проверку по горизонтальным предельным прогибам следует включать составляющую горизонтального перемещения от несимметричной вертикальной нагрузки, вызванной односторонним расположением крана:

$$f_{т+к} = 8,5 \text{ мм} < f_u = \frac{36000}{2000} = 18 \text{ мм}.$$

Выводы:

1. Предложенная аналитическая методика предварительного расчета позволяет значительно увеличить точность определения напряжения в сравнении с ранее используемой аналитической методикой.

2. Проверка по второй группе предельных состояний осуществляется в соответствии с СП 20.13330.2016, который не выделяет ППФ среди других подкрановых конструкций. Прогиб рекомендуется определять от сил торможения тележки одного крана, направленных поперек пути. При кручении ездовой пояса ППФ испытывает горизонтальный изгиб, вклад в общее горизонтальное перемещение составляющей от несимметричной вертикальной нагрузки, вызванной односторонним расположением крана, может превышать вклад от горизонтальной нагрузки, вызванной торможением тележки. При проверке ППФ по второй группе предельных состояний по горизонтальным предельным прогибам необходимо учитывать в расчете не только горизонтальные силы от торможения тележки крана, но и несимметричные вертикальные нагрузки от его одностороннего расположения.

3. При горизонтальном изгибе ездового пояса, вызванном торможением тележки крана, плоские стрелевые расчетные модели дают значительную погрешность в определении перемещений и напряжений относительно пространственной расчетной модели. Требуется дополнительное исследование напряженно-деформированного состояния ППФ при горизонтальном изгибе для оценки необходимости учета нагрузки от торможения тележки крана на стадии предварительного расчета и разработки более точных методов определения напряжений в ездовом поясе ППФ при горизонтальном изгибе. При переходе от неразрезной к разрезной расчетной модели происходит существенное снижение точности результатов расчета. Необходимо рассмотреть возможность разработки метода учета неразрезности многопролетных ППФ на стадии предварительного расчета.

Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта «Фундамент будущего», который проводится в рамках программы развития ННГАСУ,



реализуемой по программе академического лидерства «Приоритет 2030», в аспекте развития научно-исследовательской политики университета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ельников, Н. А. Анализ применения систем типа «подкраново-подстропильные фермы» в большепролетных цехах одноэтажных промышленных зданий / Н. А. Ельников, Е. А. Кочетова. – Текст : непосредственный // 14-ый российский архитектурно-строительный форум, 17–20 мая 2016 г : труды конгресса / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2016. – С. 143–146.
2. Mentrasti, L. Torsion of closed cross-section thin-walled beams : the influence of shearing strain / L. Mentrasti // Thin-Walled Structures. – 1987. – Vol. 5. – No. 4. – P. 277–305.
3. Mentrasti, L. Distortion (and torsion) of rectangular thin-walled beams / L. Mentrasti // Thin-Walled Structures. – 1990. – Vol. 10. – No. 3. – P. 175–193.
4. Rykaluk, K. Fatigue hazards in welded plate crane runway girders-locations, causes and calculations / K. Rykaluk, K. Marcinczak, S. Rowicki // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2018. – No. 18. – P. 69–82.
5. Уманский, А. А. Кручение и изгиб тонкостенных авиаконструкций / А. А. Уманский. – Москва : Оборониздат, 1939. – 112 с. – Текст : непосредственный.
6. Власов, В. З. Строительная механика тонкостенных пространственных систем / В. З. Власов. – Москва : Гостехиздат, 1950. – 695 с. – Текст : непосредственный.
7. Власов, В. З. Избранные труды : в 3-х томах. Том 2. Тонкостенные упругие стержни. Принципы построения общей технической теории оболочек. – Москва : АН СССР, 1963. – 328 с. – Текст : непосредственный.
8. Лампси, Б. Б. Металлические тонкостенные несущие конструкции при локальных нагрузках / Б. Б. Лампси. – Москва : Стройиздат, 1979. – 270 с. – Текст : непосредственный.
9. Бейлин, Е. А. Вариант единой теории кручения тонкостенных стержней открытого, замкнутого и частично замкнутого профилей / Е. А. Бейлин. – Текст : непосредственный // Исследования по механике строительных конструкций и материалов. Межвузовский тематический сборник трудов. – Ленинград : ЛИСИ, 1991. – С. 57–74.
10. Руководство по проектированию стальных подкрановых конструкций. – Москва : ЦНИИПроектстальконструкция, 1976. – 112 с. – Текст : непосредственный.
11. Лампси, Б. Б. Жесткость узлов подкраново-подстропильной фермы в её плоскости / Б. Б. Лампси, Ю. Д. Маркина. – Текст : электронный // Строительная механика и конструкции. – 2023. – № 4 (39). – С. 51–63. – DOI 10.36622/VSTU.2023.39.4.006.
12. Markina, Yu. D. Verification and refinement of the methodology for calculating the stiffness of crane secondary truss joints in its plane / Yu. D. Markina. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 1 (69). – С. 11–21.
13. Маркина, Ю. Д. Кручение нижнего пояса подкраново-подстропильной фермы / Ю. Д. Маркина. – Текст : электронный // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2023. – № 11. – С. 27–36. – DOI 10.34031/2071-7318-2023-8-11-27-36.
14. Маркина, Ю. Д. Напряженное состояние нижнего пояса подкраново-подстропильной фермы при стесненном кручении / Ю. Д. Маркина. – Текст : непосредственный // Вестник гражданских инженеров. – 2024. – № 7 (102). – С. 36–43.
15. Лампси, Б. Б. Подкраново-подстропильные фермы. Особенности конструкции, работы и расчёта : монография / Б. Б. Лампси, Ю. Д. Маркина ; Нижегородский



государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2024. – 169 с. – ISBN 978-5-528-00557-7. – Текст : непосредственный.

16. 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 (65). – С. 28–34.

17. Еремин, К. И. Особенности эксплуатации металлических конструкций промышленных зданий : монография / К. И. Еремин ; Московский государственный строительный университет. – Москва : МГСУ, 2012. – 248 с. – ISBN 978-5-7264-0651-0. – Текст : непосредственный.

18. Еремин, К. И. Моделирование развития усталостных повреждений в подкраново-подстропильных фермах / К. И. Еремин, С. Н. Шульга. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2014. – № 5 – С. 30–38.

19. Нежданов, К. К., Горькин, И. Н. Преимущества использования неразрезных подкрановых конструкций / К. К. Нежданов, И. Н. Горькин. – Текст : непосредственный // Вестник ПГУАС : строительство, наука и образование. – 2018. – № 1 (6). – С. 9–16.

20. Нежданов, К. К. Результаты испытаний неразрезных подкрановых конструкций / К. К. Нежданов, И. Н. Горькин, Д. Х. Курткеев. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2020. – № 3 (44). – С. 78–83.

21. Tusnina, O. A. Finite element analysis of crane secondary truss / O. A. Tusnina // Magazine of civil engineering. – 2018. – No. 1 (77). – P. 68–89. – DOI 10.18720/MCE.77.7.

22. Ерёмин, К. И. Закономерность повреждений подкраново-подстропильных ферм на стадии эксплуатации / К. И. Ерёмин, С. Н. Шульга. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 4. – С. 34–36.

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

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

CALCULATION OF CRANE SECONDARY TRUSSES, TAKING INTO ACCOUNT THE ELASTIC COMPLIANCE OF THE NODES OF THE JUNCTION OF THE GRID ELEMENTS TO THE RIDING LOWER BELT

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 structures, metal structures, calculation method, stress-strain state, finite element method, analytical calculation.

The method of preliminary calculation of the crane secondary trusses has not been available so far. The analytical calculation method recommended by the Guidelines for the Design of steel crane structures did not consider the rigidity of the nodal joints and the involvement of the horizontal bending and torsion of other structural elements in the spatial work of the riding belt. A comparison of the results of the calculation of the crane secondary truss according to the compiled analytical methodology of the preliminary calculation with the results of the calculation according to the analytical methodology of the Guidelines for the design of steel crane structures and the results of numerical calculations is given in this article.

REFERENCES

1. Elnov N. A. Kochetova E. A. Analiz primeneniya sistem tipa «podkranovo-podstropilnye fermy» v bolsheproletnykh tsekhakh odnoetazhnykh promyshlennykh zdaniy [Analysis of the application of systems such as «crane secondary trusses» in large-span workshops of single-storey industrial buildings]. Trudy nauchnogo kongressa 14-go rossiyskogo arkhitekturno-stroitel'nogo foruma [Proceedings of the scientific congress of the 14th Russian architectural and construction forum]. 2016, P. 143–146.
2. Mentrasti L. Torsion of closed cross-section thin-walled beams: the influence of shearing strain. Thin-Walled Structures. 1987, vol. 5, No.4, P. 277–305.
3. Mentrasti L. Distortion (and torsion) of rectangular thin-walled beams. Thin-Walled Structures. 1990, Vol. 10, No. 3, P. 175–193.
4. Rykaluk K., Marcinczak K., Rowicki S. Fatigue hazards in welded plate crane runway girders-locations, causes and calculations. Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2018, No. 18, P. 69-82.
5. Umanskiy A. A. Kruchenie i izgib tonkostennykh aviakonstruktsiy [Torsion and bending of thin-walled aircraft structures]. Moscow, Oboronizdat, 1939, 112 p.
6. Vlasov V. Z. Stroitel'naya mekhanika tonkostennykh prostranstvennykh sistem [Structural mechanics of thin-walled spatial systems]. Moscow, Gostekhizdat, 1950, 695 p.
7. Vlasov V. Z. Tonkostennyye uprugie sterzhni. Printsipy postroeniya obshchey tekhnicheskoy teorii obolochek [Thin-walled elastic rods. Principles of construction of the general technical theory of shells]. Izbrannyye Trudy. Moscow, Izd-vo AN USSR, 1963, Vol. 2, 328 p.
8. Lampsy B. B. Metallicheskie tonkostennyye nesushchie konstruktsii pri lokalnykh naruzkakh [Thin-walled metal load-bearing structures under local loads]. Moscow, Strojizdat, 1979, 270 p.
9. Beylin E. A. Variant edinoy teorii krucheniya tonkostennykh sterzhney otkrytogo, zamknutogo i chastichno zamknutogo profilya [A variant of the unified theory of torsion of thin-walled rods of open, closed and partially closed profiles]. Issledovaniya po mekhanike stroitel'nykh konstruktsiy i materialov [Research on the mechanics of building structures and materials]. Mezhdvuzovskiy tematischeskiy sbornik trudov, 1991, P. 57-74.
10. Rukovodstvo po proektirovaniyu stalnykh podkranovykh konstruktsiy [Guide to the design of steel crane structures]. Moscow, TsNIIProektstalkonstruktsiya, 1976, 112 p.
11. Lampsy B. B., Markina Yu. D. Zhestkost uzlov podkranovo-podstropilnoy fermy v eyo ploskosti [Stiffness of the crane secondary truss nodes in its plane]. Stroitel'naya mekhanika i konstruktsii [Construction mechanics and structures]. 2023, №. 4 (39), P. 51–63. DOI 10.36622/VSTU.2023.39.4.006.
12. Markina Yu. D. Verification and refinement of the methodology for calculating the stiffness of crane secondary truss joints in its plane. Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2024, №. 1 (69), P. 11-21.
13. Markina Yu. D. Kruchenie nizhnego poyasa podkranovo-podstropilnoy fermy [Torsion of the lower chord of the crane secondary truss]. Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova [Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov]. 2023, №. 11, P. 27–36. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-27-36.
14. Markina Yu. D. Napryazhennoe sostoyanie nizhnego poyasa podkranovo-podstropilnoy fermy pri stesnennom kruchenii [The stressed state of the lower chord of the crane secondary truss with constrained torsion]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. 2024, №. 7 (102), P. 36-43.
15. Lampsy B. B., Markina Yu. D. Podkranovo-podstropilnye fermy. Osobennosti konstruktsii, raboty i raschyota [Crane secondary trusses. Design, operation and calculation features]: monografiya. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2024, 169 p.



16. Lampsi B. B., Markina Yu. D., Khazov P. A. Vliyanie vysoty podkranovo-podstropilnoy fermy (PPF) na podatlivost ezdogogo poyasa [The effect of the height of the crane secondary truss (CST) on the pliability of the riding chord]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2023, № 1 (65), P. 28-34.
17. Eremin K. I., Shuvalov A. N., Pavlova G. A., Matveyushkin S. A., Nashhekin M. V., Alekseeva E. L. Osobennosti ekspluatatsii metallicheskih konstrukciy promyshlennykh zdaniy [Features of operation of metal structures of industrial buildings]: monografiya. pod red. K. I. Eremina. M-vo obrazovaniya i nauki Ross. Federatsii, FGBOU VPO Mosk. gos. str. un-t. Moscow, Izdatelstvo MISI. 2012, 248 p.
18. Eremin K. I., Shulga S. N. Modelirovanie razvitiya ustalostnykh povrezhdeniy v podkranovo-podstropilnykh fermakh [Modeling the development of fatigue damage in crane secondary trusses]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, № 5, P. 30-38.
19. Nezhdanov K. K., Gorkin I. N. Preimushhestva ispolzovaniya nerazreznykh podkranovykh konstrukciy [Advantages of using continuous crane structures]. *Vestnik PGUAS: stroitelstvo, nauka i obrazovanie* [Bulletin of Penza State University of Architecture and Construction: construction, science and education]. 2018, № 1 (6), P. 9-16.
20. Nezhdanov, K. K., Gorkin I. N., Kurtkezo D. Kh. Rezultaty ispytaniy nerazreznykh podkranovykh konstruktsiy [Test results of continuous crane structures]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo* [Regional architecture and construction]. 2020, № 3 (44), P. 78-83.
21. Tushina O. A. Finite element analysis of crane secondary truss. O. A. Tushina. *Magazine of Civil Engineering*. 2018, No. 1(77), P. 68-89. doi: 10.18720/MCE.77.7.
22. Eremin K. I., Shulga S. N. Zakonomernost povrezhdeniy podkranovo-podstropilnykh ferm na stadii ekspluatatsii [The pattern of damage to crane secondary trusses at the stage of operation]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil engineering]. 2013, № 4, P. 34-36.
23. Eremin K. I., Shulga S. N. Vliyanie ekstsentsiteta na napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie verkhney zony stenok podkranovo-podstropilnykh ferm [The effect of eccentricity on the stress-strain state of the upper zone of the walls of crane secondary trusses]. *Nauka i bezopasnost* [Science and security]. 2015, № 5(18), P. 49–52.

© Ю. Д. Маркина, 2025

Получено: 27.11.2024 г.



УДК 551.435.8

М. М. УТКИН, канд. техн. наук, главный специалист карстологических исследований

К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДОУПОРА НАД КАРСТОВОЙ ПОЛОСТЬЮ

АО «Гео Палитра»

Россия, 603000, г. Нижний Новгород, ул. Костина, д. 3, пом. П53.

Тел.: +7 (920) 252-22-69; эл. почта: geokarst@mail.ru

Ключевые слова: карст, карстовая полость, коэффициент запаса устойчивости, устойчивость водоупора, карстовый провал.

При наличии в разрезе водоупорной толщи оценка карстовой (в том числе карстово-суффозионной) опасности, как правило, сопряжена с оценкой устойчивости водоупора над карстовой полостью. Ее предложено производить исходя из сравнения расчетного коэффициента устойчивости с коэффициентом запаса устойчивости. Определение последнего предложено выполнять главным образом в зависимости от уровня ответственности (класса) сооружения и категории карстово-суффозионной (карстовой) опасности участка (площадки). На конкретном практическом примере рассмотрено выполнение оценки устойчивости глинистого водоупора над полостью.

Методика оценки карстовой опасности, изложенная в действующих нормативных документах по проектированию зданий и сооружений на закарстованных территориях [1, 2], заключается в следующем. Сначала определяется диаметр (пролет) карстовой полости на момент окончания расчетного срока службы сооружения $2a$. Затем его необходимо сравнить с минимальным диаметром (пролетом) полости d_{\min} , при котором карстовое провалообразование возможно в принципе. Если окажется что $2a > d_{\min}$, то возникновение провала не исключается, в противном случае ($2a < d_{\min}$) – не представляется возможным. Строгое соблюдение указанного неравенства противоречит не только сложившейся практике геотехнических расчетов устойчивости, которые выполняются, как правило, с учетом коэффициента запаса устойчивости (обычно изменяется от 1,1 до 1,4 [2, 3]), но и главным образом методу предельных состояний, на котором так или иначе базируются отечественные нормативные документы по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию.

Выходом из сложившейся ситуации является использование при оценке устойчивости водоупора над карстовой полостью коэффициента запаса. К сожалению, в нормативных документах по оценке карстовой опасности [1-4] о подобном коэффициенте, как правило, не упоминается. Исключением из правила можно считать п. 6.3.12 СП [2], в котором, применительно к объему геотехнических мероприятий, отмечается, что высота свода обрушения грунтов $H_{св}$ не должна превышать высоты зоны их закрепления H с коэффициентом запаса равным 1,4 ($H \geq 1,4H_{св}$). Указанное значение коэффициента может быть принято в качестве определенного ориентира.



Исходя из всего вышеизложенного, в настоящей работе предложен и затем применен на практике способ определения коэффициента запаса устойчивости водоупора над карстовой полостью. При его разработке по возможности в максимальной степени учитывались все основные положения, используемые при вычислении нормированного коэффициента устойчивости для склонов и откосов [3]. Далее рассмотрим эти положения подробно.

В соответствии с СП 116.13330.2012 [3] расчеты устойчивости склонов и откосов выполняются согласно следующей зависимости

$$k_{st} \geq [k_{st}], \quad (1)$$

где k_{st} – расчетное значение коэффициента устойчивости, а $[k_{st}]$ – нормированное его значение. Применительно для склонов и откосов оно определяется по формуле

$$[k_{st}] = \gamma_n \psi / \gamma_d, \quad (2)$$

где γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый для сооружений нормального и повышенного уровней ответственности равным 1,15 и 1,20 соответственно;

ψ – коэффициент условий работы, назначаемый в зависимости от группы предельных состояний, по которой выполняются расчеты. Так, при выполнении расчетов по предельным состояниям первой группы на особое сочетание нагрузок рассматриваемый коэффициент принимается равным 0,95;

γ_d – коэффициент условий работы, учитывающий характер воздействий, возможность изменения свойств материалов со временем, степень точности исходных данных, приближенность расчетных схем, тип сооружения, конструкции или основания, вид материала и другие факторы; устанавливается в диапазоне $0,75 \leq \gamma_d \leq 1,00$ нормами проектирования отдельных видов сооружений. К сожалению, в нормативных документах по проектированию сооружений на закарстованных территориях данный коэффициент не рассматривается.

Применительно к задаче оценки устойчивости водоупора над карстовой полостью, из трех вышеприведенных коэффициентов только последний использовать не представляется возможным. Поэтому его предлагается исключить, а в числитель выражения (2) добавить коэффициент степени карстовой опасности γ_{kr} . Следовательно, формула (2) запишется следующим образом:

$$[k_{st}] = \gamma_n \psi \gamma_{kr}. \quad (3)$$

При оценке карстово-суффозионной опасности [1] коэффициент γ_{kr} для потенциально опасной и неопасной категорий предлагается принять равным 1,2, а для опасной категории – 1,3. В случае выполнения оценки карстовой опасности [4] рассматриваемый коэффициент для IV-VI категорий опасности по интенсивности провалообразования предлагается принять равным 1,2, а для I-III категорий опасности – 1,3.



Значения коэффициента запаса устойчивости $[k_{st}]$, вычисленные по формуле (3) для различных расчетных случаев и округленные до десятых единиц, сведены в таблицу 1. Как видно из таблицы значения $[k_{st}]$ изменяются от 1,3 до 1,5.

Таблица 1

Значения коэффициента запаса устойчивости водоупора над карстовой полостью

Уровень ответственности (класс) сооружения	Коэффициент запаса устойчивости водоупора $[k_{st}]$	
	Категория карстово-суффозионной (карстовой) опасности	
	Потенциально опасная, неопасная (IV-VI)	Опасная (I-III)
Нормальный (КС-2)	1,3	1,4
Повышенный (КС-3)	1,4	1,5

Применение вышеизложенного подхода возможно только лишь при хорошей изученности инженерно-геологических условий в основании сооружений. Принимая во внимание большое многообразие как инженерно-геологических условий участков (площадок), так и конструктивных решений сооружений оценка изученности должна выполняться экспертным путем, с учетом требований нормативных документов в области карста.

Предложенный подход по оценке устойчивости водоупора успешно применен на одном из линейных объектов, расположенном на севере Москвы, в районе ст. Ховрино. Проектируемый объект представляет из себя железнодорожный путепровод на 21 опоре (№ 0-20).

Для участка расположения наиболее нагруженных опор путепровода (№ 17, 18) кратко охарактеризуем геолого-гидрогеологические условия. Они показаны на рис. 1.

В геологическом строении участка принимают участие четвертичные отложения, перекрывающие коренные породы меловой, юрской и каменноугольной систем.

Четвертичные отложения представлены (сверху вниз) современными техногенными образованиями (*tIV*; ИГЭ *1в2*, *1ж2*), среднечетвертичными ледниковыми отложениями московской морены (*gIIms*; ИГЭ *12ж2*, *12ж3*) и главным образом нижне-среднечетвертичными отложениями донского-московского оледенений (*f,lgIdns-IIms*; ИГЭ *14а3*, *14в2*). Четвертичная толща сложена, как правило, различными песками и суглинками.

На дочетвертичную поверхность выходят неразделенные верхнеюрские-нижнемеловые отложения (*J3-K1*; ИГЭ *20бБ2*, *20ж2*, *20ж3*, *20е2*, *20з2Н*), представленные мелким плотным песком, полутвердым и тугопластичным суглинком, пылеватой пластичной супесью и полутвердой глиной. Толща верхнеюрских-нижнемеловых пород перекрывает верхнеюрские отложения оксфордского яруса (*J3o*; ИГЭ *21з1Н*), сложенные твердой глиной.

Ниже по разрезу залегают верхнекаменноугольные отложения (*C3*; ИГЭ *24з1Н*, *24ч2*, *24ч3*), представленные твердой глиной и главным образом прочным и средней прочности трещиноватым известняком, участками выветрелым и слабокавернозным.

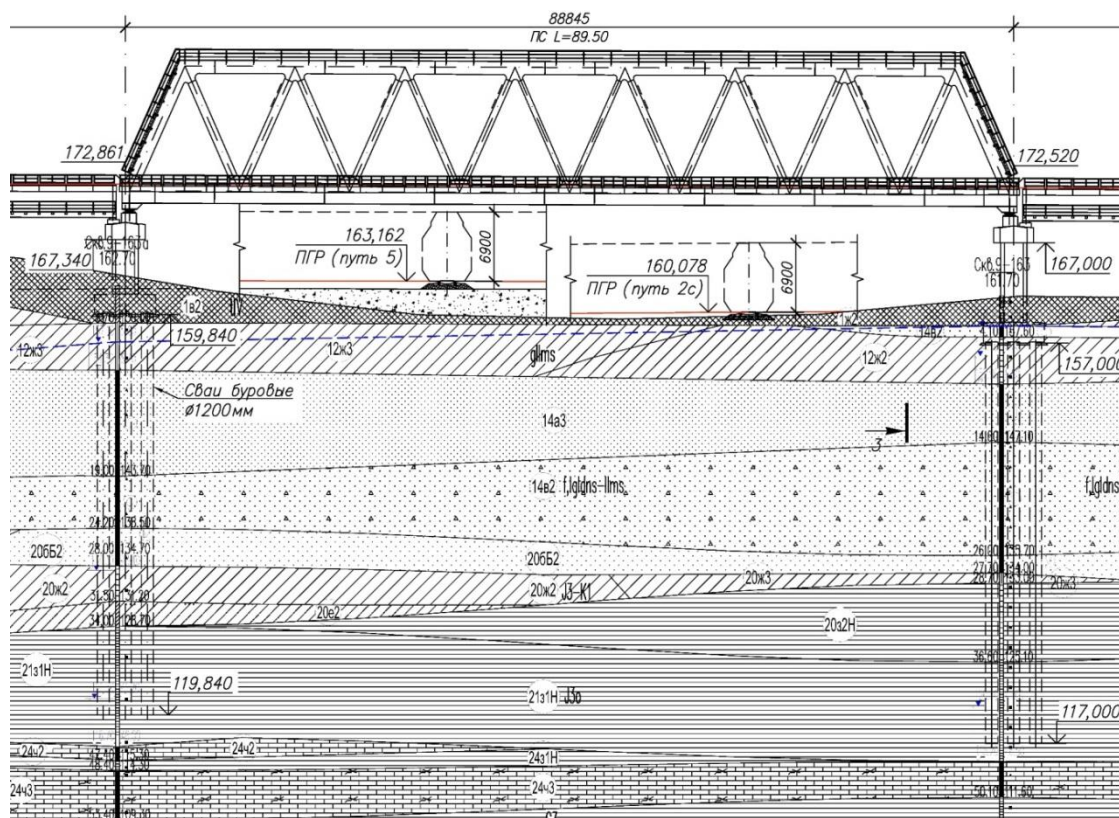


Рис. 1. Врезка фундаментов наиболее нагруженных опор путепровода (№ 17, 18) в инженерную геологию

Гидрогеологические условия участка определяются надюрским и верхнекаменноугольным водоносными комплексами.

Надюрский водоносный комплекс приурочен к ниже-среднечетвертичным (*f,lgldns-lms*) и верхнеюрским-нижнемеловым (*J3-K1*) отложениям. Водовмещающими породами являются пески различной крупности. Грунтовые воды безнапорные, загрязнены, характеризуются минерализацией 0,71-2,80 г/л. Нижним региональным водоупором служит толща юрских глин.

Водоносный верхнекаменноугольный комплекс (С3), именуемый также трещинно-карстовым водоносным горизонтом, приурочен к трещиноватым известнякам, разделенным невыдержанными по мощности прослоями относительно водоупорных глин. Подземные воды напорные, по химическому составу хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридные натриево-кальциевые, натриевые, обладают минерализацией 0,74-3,80 г/л.

Таким образом, карст на исследуемом участке карбонатный, покрытый и глубокий. Важную роль играет коренной глинистый водоупор, который значительно затрудняет протекание процессов растворения и суффозии.

Поскольку сведений о поверхностных карстопроявлениях на участке строительства и в непосредственной близости от него не имеется, подземных карстопроявлений (в первую очередь полостей) не вскрыто, а мощность коренного глинистого водоупора превышает 10 м, то согласно региональным особенностям развития карста [1], предметно изложенным в Инструкции

1984 г. [5], первоначально исследуемый участок отнесен к неопасной категории в карстово-суффозионном отношении.

Однако, вышеизложенная оценка карстоопасности не учитывает конструктивные решения проектируемого объекта, а именно тот факт, что буровые сваи опор путепровода заглубляются, как правило, в коренной глинистый водоупор. Причем нижние концы свай наиболее нагруженных опор располагаются вблизи кровли карстующейся толщи (см. рис. 1). Тем самым фактическая мощность водоупора уменьшается до 1,8-3,5 м. Принимая изложенное во внимание, а также большое давление под подошвой условных фундаментов (в уровне низа свай изменяется от 453,5 до 798,4 кПа, в среднем составляя 691,7 кПа) и требования нормативных документов [1, 2], была выполнена оценка устойчивости (надежности) коренного глинистого водоупора над гипотетической карстовой полостью. Так как объект относится к повышенному уровню ответственности, то коэффициент запаса устойчивости водоупора $[k_{st}]$ принят равным 1,4 (см. таблицу 1).

Оценка устойчивости глинистого водоупора выполнялась с помощью известных детерминистических геомеханических (аналитических) методов. Согласно результатам лабораторного физического моделирования [6, 7], в данном случае обрушение водоупора в полость может произойти (1) в ходе его среза по круглоцилиндрической поверхности или (2) в результате его внутреннего вывала. Для прогнозирования минимального диаметра полости d_{min} , при котором возможно обрушение водоупора, в первом случае использовались методы д-ра техн. наук, проф. Г. М. Шахунянца и инж. Г. М. Троицкого, во втором случае – метод проф. М. М. Протодяконова. В настоящее время все три метода изложены в СП [2]. Здесь отметим, что Г. М. Шахунянец не ставил перед собой цель разработать геомеханический метод, им было выведено только уравнение равновесия сдвигающих и удерживающих сил [8], решение которого относительно диаметра провала (полости) выполнил один из его учеников – канд. техн. наук, проф. В. В. Толмачев [6]. Об этом упоминалось в одной из статей автора [9].

Расчетное значение коэффициента устойчивости водоупора k_{st} вычислялось по формуле

$$k_{st} = \frac{d_{min}}{2a}. \quad (4)$$

Все прогностические расчеты произведены в программном комплексе (ПК) «Karst diameter» [10]. Данный ПК в первую очередь является научно-исследовательским, который позволяет выполнять расчеты диаметров провалов и воронок, пролетов (диаметров) полостей с применением более чем 25 геомеханических методов. Результаты расчетов сведены в таблицу 2.



Таблица 2

Результаты прогностических расчетов карстовой опасности в основании проектируемого объекта

Наименование сооружения	№ опоры	Фактическая мощность коренного глинистого водоупора, м	Максимальный прогнозный диаметр провалов, $d_{max,p}$, м, или минимальный прогнозный диаметр полостей, d_{min} , м			Расчетный минимальный коэффициент устойчивости водоупора, $k_{st,min} > [k_{st}]$	Принятые диаметры провалов	
			Метод Г.М. Шахуняца	Метод Г.М. Троицкого	Метод М.М. Протодяконова		Максимальный, d_{max} , м	Средний, d_{cp} , м
Путе-провод на ст. Ховрино	0	11,0	6,0	7,7	9,8	$6,00 > 1,4$	–	–
	1	10,8	4,7	6,1	7,5	$4,68 > 1,4$	–	–
	2	11,8	5,3	6,4	7,1	$5,35 > 1,4$	–	–
	3	10,5	3,7	4,5	7,2	$3,67 > 1,4$	–	–
	4	11,18	3,7	4,7	6,2	$3,71 > 1,4$	–	–
	5	10,35	3,4	4,6	7,3	$3,44 > 1,4$	–	–
	6	7,44	2,3	3,3	6,5	$2,35 > 1,4$	–	–
	7	5,92	2,0	2,6	4,7	$1,96 > 1,4$	–	–
	8	5,51	2,0	2,5	4,1	$2,01 > 1,4$	–	–
	9	3,46	1,1	1,6	2,6	$1,11 < 1,4$	1,1	0,6
	10	5,82	2,3	2,9	4,6	$2,33 > 1,4$	–	–
	11	7,21	3,0	3,7	5,9	$3,05 > 1,4$	–	–
	12	8,63	3,6	4,3	7,0	$3,61 > 1,4$	–	–
	13	6,82	2,8	3,4	5,5	$2,78 > 1,4$	–	–
	14	6,96	2,6	3,2	5,2	$2,62 > 1,4$	–	–
	15	7,75	2,9	3,5	5,8	$2,93 > 1,4$	–	–
	16	7,88	3,4	3,6	5,1	$3,37 > 1,4$	–	–
	17	3,14	1,1	1,5	2,0	$1,11 < 1,4$	1,1	0,6
	18	1,8	0,6	0,8	1,1	$0,64 < 1,4$	1,1	0,6
	19	15,48	5,1	6,5	11,3	$5,13 > 1,4$	–	–
	20	18,34	7,1	8,9	14,2	$7,07 > 1,4$	–	–

Исходя из результатов прогностических расчетов (см. таблицу 2) сделан вывод, что опасность возникновения карстовых провалов имеется в основании только тех опор, где мощность коренного глинистого водоупора составляет около 3 м и менее. Данные опоры было рекомендовано рассчитать на прочность и устойчивость [1-3] при воздействии на них максимального диаметра карстового провала d_{max} . Следовательно, участки расположения этих опор отнесены к потенциально опасной категории в карстово-суффозионном отношении [1] и к V категории карстоопасности по интенсивности провалообразования ($\lambda = 0,01$ пров./год·км²) [4]. Участки размещения всех остальных опор можно считать неопасными в карстово-суффозионном и карстовом отношениях.



В качестве **заключительного вывода** отметим, что при необходимости рассматриваемый подход к оценке устойчивости водоупора над карстовой полостью может быть распространен на грунты всей покровной толщи. Как и в текущем случае, для этого потребуются детальное рассмотрение вероятного механизма карстового провалообразования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. N 970/пр : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* : [с изменениями №1, 2, 3, 4, 5]. – Москва : Минстрой России, 2021. – Текст : непосредственный.
2. СП 499.1325800.2021. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от карстово-суффозионных процессов. Правила проектирования : свод правил : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 02 марта 2021 г. № 105/пр : дата введения 03 сентября 2021 г. – Москва : Минстрой России, 2021. – Текст : непосредственный.
3. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения : свод правил : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. N 27 : актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 : [с изменениями №1, 2] : дата введения 01 января 2013 г. – Москва : Минрегион России, 2020. – Текст : непосредственный.
4. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов : свод правил : одобрен Письмом Управления научно-технических и проектно-изыскательских работ Госстроя РФ от 25 сентября 2000 г. N 5-11/88. – Москва : Госстрой России, 2003. – Текст : непосредственный.
5. Инструкция по проектированию зданий и сооружений в районах г. Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов. – Москва : Мосгорисполком, ГлавАПУ, Моспроект-1, Мосгоргеотрест, 1984. – 14 с. – Текст : непосредственный.
6. Толмачев, В. В. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий / В. В. Толмачев, Г. М. Троицкий, В. П. Хоменко ; под ред. Е. А. Сорочана. – Москва : Стройиздат, 1986. – 176 с. – Текст : непосредственный.
7. Хоменко, В. П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов : монография / В. П. Хоменко. – Москва : ГЕОС, 2003. – 216 с. – ISBN 5-89118-320-X. – Текст : непосредственный.
8. Шахунянц, Г. М. Земляное полотно железных дорог : вопросы проектирования и расчета : учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Г. М. Шахунянц. – Москва : Трансжелдориздат, 1953. – 828 с. – Текст : непосредственный.
9. Уткин, М. М. Определение диаметра карстового провала по геомеханическому методу Г. М. Шахунянца с учетом внешней нагрузки в зоне провала / М. М. Уткин. – Текст : непосредственный. // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – № 4. – С. 84–91.
10. Свидетельство о Государственная регистрация программы для ЭВМ № 2017614985. Программный комплекс по определению расчетного диаметра карстового провала и воронки с использованием детерминистических геомеханических методов (Karst diameter) : № 2017610643 : заявл. 25.01.2017 : опубл. 02.05.2017 / М. М. Уткин. – Москва : Роспатент. – 2017. – 1 с. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_39363986_62033669.PDF. – Текст : электронный.



UTKIN Mikhail Mikhailovich, candidate of technical sciences, chief specialist of karstological research

TO THE STABILITY ANALYSIS OF THE AQUICTOR ABOVE THE KARST CAVITY

JSC "Geo Palitra"

3, Kostina St., off. P53, Nizhny Novgorod, 603000, Russia.

Tel.: +7 (920) 252-22-69; e-mail: geokarst@mail.ru

Key words: karst, karst cavity, stability coefficient, aquiclude's stability, sinkhole.

In the presence of an aquiclude in the geological section, the assessment of karst-suffusion (or karst) hazard is usually associated with the assessment of the stability of the aquiclude above the karst cavity. It is proposed to perform it based on a comparison of the calculated stability coefficient with the stability coefficient. It is proposed to determine the latter depending on the level of responsibility (class) of the structure and the category of karst-suffusion (or karst) hazard of the site. This article examines the assessment of the stability of a clay aquiclude above a cavity using a specific practical example.

REFERENCES

1. SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Soil bases of buildings and structures]. Aktualizirovannaya redakciya SNIp 2.02.01-83* (s Izmeneniyami № 1, 2, 3, 4, 5). Moscow, Minregion Rossii, 2021.
2. SP 499.1325800.2021. Inzhenernaya zashchita territoriy, zdaniy i sooruzheniy ot karstovo-suffuzionnykh processov [Engineering protection of territories, buildings and structures from karst-suffusion processes]: svod pravil : utverzhden i vveden v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva RF ot 02 marta 2021 g. № 105/pr : data vved. 03-09-2021. Moscow, Minstroy Rossii, 2021.
3. SP 116.13330.2012. Inzhenernaya zashchita territorii, zdaniy i sooruzheniy ot opasnykh geologicheskikh processov [Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes]. Osnovnye polozheniya : svod pravil : utverzhden Prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya RF ot 30-06-2012 N 27. Aktualizirovannaya redakciya SNIp 22-02-2003 (s Izmeneniyami № 1, 2). Moscow, Minregion Rossii, 2020.
4. SP 11-105-97. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitelstva. Chast II. Pravila proizvodstva rabot v rajonah razvitiya opasnykh geologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh processov [Engineering geological site investigations for construction. Part II. Rules of work in areas of development of hazardous geological and engineering-geological processes] svod pravil : odobren Pismom Upravleniya nauchno-tehnicheskikh i proektno-izyskatelskikh rabot Gosstroya RF ot 25-09-2000 N 5-11/88. Moscow, Gosstroy Rossii, 2003.
5. Instrukciya po proektirovaniyu zdaniy i sooruzheniy v rayonakh g. Moskvy s proyavleniem karstovo-suffuzionnykh processov [Instructions for the design of buildings and structures in areas of Moscow with manifestation of karst-suffusion processes]. Moscow, Mosgorispolkom, GlavAPU, Mosproekt-1, Mosgorgestrest, 1984.
6. Tolmachev V. V., Troitskiy, G. M., Homenko, V. P. Inzhenerno-stroitelnoe osvoenie zakarstovannykh territoriy [Geotechnical reclamation of karst area]. Moscow, Stroyizdat, 1986, 176 p.
7. Homenko V. P. Zakonomernosti i prognoz suffuzionnykh processov [Patterns and forecast of suffusion processes]. Moscow, GEOS, 2003, 216 p.



8. Shakhunyants G. M. Zemlyanoe polотно zheleznykh dorog: voprosy proektirovaniyai raschyota [Roadbed of railways: Design and Calculation Issue]: uchebnoe posobie dlya vuzov zh.-d. transporta. Moscow, Transzheldorizdat, 1953, 828 p.

9. Utkin M. M. Opredelenie diametra karstovogo provala po geomekhanicheskomu metodu G. M. Shakhunyantsa s uchetoм vneshney nagruzki v zone provala [Determination of karst collapse diameter by G. M. Shakhunyants geomechanic method with allowance for external loading in area adjacent to karst collapse]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2020, № 4. P. 84-91.

10. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM. Programmny kompleks po opredeleniyu raschyotnogo diametra karstovogo provala i voronki s ispolzovaniem deterministicheskikh geomekhanicheskikh metodov (Karst diameter) [Certificate on the state registration of the computer software. Software complex for determination of calculated diameter of a karst collapse and sink using deterministic geomechanic methods (Karst diameter)]. № 2017610643 : zayavl. 25.01.2017 : opubl. 02.05.2017. M. M. Utkin. Moscow, Rospatent, 2017, 1 p. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_39363986_62033669.PDF.

© М. М. Уткин, 2025

Получено: 13.12.2024 г.



УДК 693:539.3

М. Л. ПОЗДЕЕВ, аспирант каф. теории сооружений и технической механики;
И. В. СМАГИН, аспирант каф. теории сооружений и технической механики;
Д. М. ЛОБОВ, канд. техн. наук, ст. преп. каф. железобетонных, каменных и
деревянных конструкций; **С. Ю. ЛИХАЧЕВА**, канд. физ.-мат. наук, проф.
каф. теории сооружений и технической механики

СТАДИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-96, эл. почта: maksim.leon.pz@yandex.ru

Ключевые слова: каменная кладка, стадии разрушения, трещинообразование, аппроксимация диаграммы деформирования, корреляция цифровых изображений.

Каменная кладка является анизотропным материалом, для описания ее диаграмм деформирования, зависящих от ориентации главных напряжений относительно осей анизотропии, требуется использовать методику, которая позволит аналитически установить стадии напряженно-деформированного состояния. В работе описана методика определения стадий разрушения каменной кладки при одноосном сжатии графоаналитическим методом по результатам анализа дискретных производных экспериментальной зависимости объемных деформаций от главного сжимающего напряжения. Средствами корреляции цифровых изображений визуализированы картины трещинообразования, подтверждающие качественный переход между стадиями напряженно-деформированного состояния.

Функциональная зависимость между напряжениями и относительными деформациями, также известная как диаграмма деформирования или диаграмма состояния, описывает механическое поведение материала конструкции при нагрузке. В общем случае эти зависимости могут быть представлены в виде нелинейных функций, полученных путём аппроксимации экспериментальных данных при различных видах нагрузки. При проектировании строительных конструкций, включая каменные кладки, диаграммы деформирования определяют механическое поведение большинства математических физически нелинейных моделей материалов.

В физически нелинейных моделях пластичности типа течения [1] диаграммы деформирования определяют изменение поверхности нагружения материала в пластической зоне. В деформационных теориях пластичности для анизотропных моделей каменной кладки [2] или бетона с трещинами [3] диаграммы определяют редуцирование текущих модулей деформации в осях ортотропии, для изотропных моделей [4, 5] – редуцирование текущих объемных и сдвиговых модулей деформации.

При расчетах стержневых элементов по нелинейной деформационной модели, изложенной, в частности, в нормах проектирования железобетонных конструкций [6], диаграммы деформирования определяют распределение напряжений в поперечном сечении элемента конструкции. В [6] для расчетов по нелинейной деформационной модели в качестве диаграмм состояния бетона,

используют криволинейные или кусочно-линейные (двухлинейные и трехлинейные) зависимости.

Первые работы по определению стадий разрушения каменных столбов были основаны на визуальной оценке схем трещинообразования. В работе [7] выделяется три стадии работы каменных столбов: первая стадия характеризуется появлением трещин в отдельных кирпичах; во второй – единичные трещины соединяются вместе и образуют сквозные трещины через несколько рядов кладки; в третьей стадии кладка расслаивается на отдельные участки-столбики, которые раздавливаются и теряют свою устойчивость.

В нормах по проектированию каменных и армокаменных конструкций [8] на основе теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [9] описана методика получения кусочно-линейных диаграмм деформирования кладки, используемых для расчета кирпичных столбов на вертикальную сжимающую нагрузку. Выделение трех механизмов разрушения (сжатие, отрыв, сдвиг) позволяет авторам работы [9] построить трехлинейную диаграмму деформирования, выделив три характерные области работы каменных столбов: область совместной работы материала в зонах отрыва, сдвига, раздавливания, область исключения зоны отрыва из работы, область исключения зоны сдвига из работы.

При напряженных состояниях, отличных от одноосных, положение параметрических точек диаграммы деформирования будет зависеть от вида напряженного состояния, что, в частности, отражено в нормах проектирования железобетонных конструкций [6]. В работе [10] было показано, что при использовании одноосной диаграммы деформирования в расчетах по деформационной теории пластичности каменной стены на сдвиг с обжатием, минимальное отклонение от экспериментальных данных наблюдается только при высоких уровнях сжимающей нагрузки. Это свидетельствует о необходимости корректировки исходных диаграмм для напряженных состояний, отличных от одноосного сжатия. В связи с этим требуется применить методику, которая позволит аналитически определить этапы работы кладки в зависимости от напряженного состояния на основе функциональной зависимости напряжений от деформаций.

В работе [11] предложен общий графоаналитический метод определения границ микротрещинообразования бетона, который может быть использован и при сложных видах напряженного состояния каменных кладок. Метод позволяет установить стадии работы материала при нагружении, исходя из анализа производных дискретных функций – экспериментальных диаграмм деформирования. Для бетона получено до пяти стадий, включая стадию разупрочнения, характеризуемую ниспадающим участком диаграммы деформирования. Этот метод использован в данной работе для определения стадий разрушения каменной кладки при сжатии.

Материалы и методы. Экспериментальные диаграммы деформирования получены для образца каменной кладки размером 510x510x120 мм, изготовленного по ГОСТ 32047-2012. Использован утолщенный силикатный кирпич пустотностью 9% марки М150 по ГОСТ 379-2015 и цементный раствор со средним пределом прочности при сжатии 12,3 МПа. Характеристики материалов каменной кладки представлены в таблице.

Прочностные характеристики кирпича и раствора

Материал	Методика испытаний	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа
Кирпич	ГОСТ Р 58527-2019	15,5 (11%)	3,1 (17%)
Раствор	ГОСТ 5802-86 ГОСТ 310.4-81	12,3 (10%)	4,3 (11%)

Примечание – В скобках указано значение коэффициента вариации.

Испытания проводились на универсальной испытательной машине ЦД100. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Сжимающая нагрузка от плиты пресса 1 передается на образец через шариковый шарнир 3 на стальную балку 4, а затем на образец 6 через прокладки из фторопласта (тефлона) 5, позволяющие уменьшить стеснение поперечных деформаций в приопорных зонах, как это показано в работе [12] на бетонных образцах. Измерение деформаций производится шестью индикаторами часового типа 7, расположенными по обеим сторонам образца согласно ГОСТ 32047-2012.

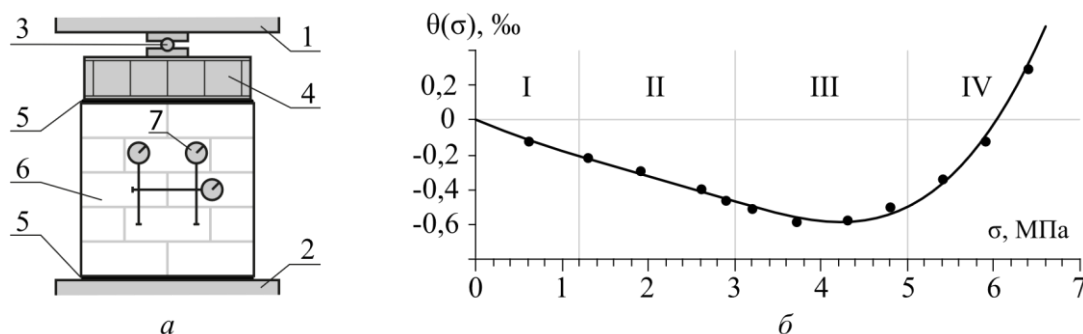


Рис. 1. Схема экспериментальной установки (а): 1 – подвижная траверса, 2 – неподвижная траверса, 3 – шариковый шарнир, 4 – нагружающая балка, 5 – прокладки из фторопласта, 6 – образец каменной кладки, 7 – индикаторы часового типа; и экспериментальные данные (б) зависимости объемных деформаций θ от напряжений σ и их аппроксимация

Результаты и обсуждение. По результатам экспериментального исследования построены графики зависимости продольной ε_1 и поперечной ε_2 деформации от напряжений σ и определена зависимость объемной деформации $\theta = (\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2)/3$ от действующих напряжений в образце (экспериментальные точки на рис. 1, б и зависимость $\theta(\sigma)$ на рис. 2).

Производные дискретной функции $\theta(\sigma)$ на рис. 2 получены из выражения:

$$\theta'(\sigma) = \frac{\theta(\sigma + \Delta\sigma) - \theta(\sigma - \Delta\sigma)}{2\Delta\sigma}, \quad (1)$$

где $\Delta\sigma$ – дискретный шаг между экспериментальными данными.

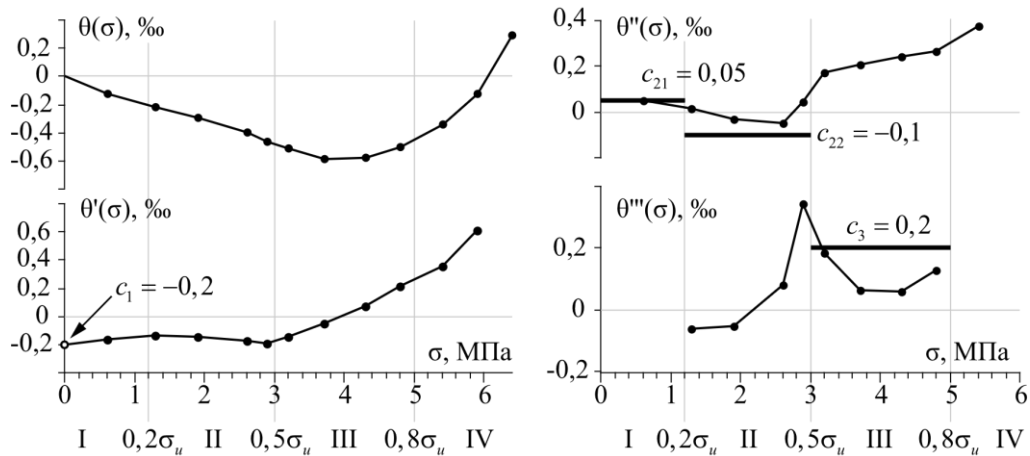


Рис. 2. Экспериментальная зависимость $\theta(\sigma)$ и ее дискретные производные

Согласно [11] экспериментальные данные в виде некоторой функции могут быть аппроксимированы полиномом, который в развернутом виде можно представить в виде кусочно-гладкой функции $y = f(x)$:

$$\left\{ \begin{aligned} y_1(0 \leq x < X_1) &= c_0 + c_1(x - X_0) + \frac{c_{21}(x - X_0)^2}{2}, \\ y_2(X_1 \leq x < X_2) &= y_1(X_1) + y'_1(x) \cdot (x - X_1) + \frac{c_{22}(x - X_1)^2}{2}, \\ y_3(X_2 \leq x < X_3) &= y_2(X_2) + y'_2(x) \cdot (x - X_2) - \frac{c_{22}(x - X_2)^2}{2} + \frac{c_3(x - X_2)^3}{6}, \\ y_4(X_3 \leq x \leq X_4) &= y_3(X_3) + y'_3(x) \cdot (x - X_3) + \frac{y''_3(x)(x - X_3)^2}{2} - \frac{2c_3(x - X_3)^3}{6} + \frac{c_4(x - X_3)^4}{24}, \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где y_i – функция на интервале $i = 1 \dots 4$ (см. рис. 1, б), c_i – коэффициенты, определяемые графическим путем из анализа графиков производных дискретных функций, представленных экспериментальными данными (диаграммы состояния на рис. 2); X_i – искомые границы стадий напряженно-деформированного состояния образца.

В результате построена кривая на рис. 1, б, наилучшим образом аппроксимирующая экспериментальные данные одноосного сжатия. Полученные картины трещинообразования в конце каждой стадии представлены на рис. 3. Концу первой стадии работы соответствует величина нагрузки 20% от разрушающей, концу второй – 50%; концу третьей – 80%. Напряжение, при котором график зависимости $\theta(\sigma)$ пересекает ось $\sigma = 0$, характеризует переход от контракции к дилатации – объемному расширению вследствие раскрытия трещин. Стоит отметить сложность в определении старших коэффициентов c_i , при описанном графоаналитическом способе, поскольку взятие дискретных производных высоких порядков требует сгущения экспериментальных данных, а наличие вероятностного разброса значений увеличивает погрешность для каждого следующего шага взятия дискретных производных. В качестве альтернативы может быть использован более строгий математический метод градиентного спуска, который был использован в работе [10] путем поиска минимума функции

суммы квадратов отклонений по двум исследуемым параметрам. В таком случае описанный графоаналитический способ позволит определить начальные параметры для численного приближения, а алгоритм градиентного спуска обеспечит математически точное решение в рамках метода.

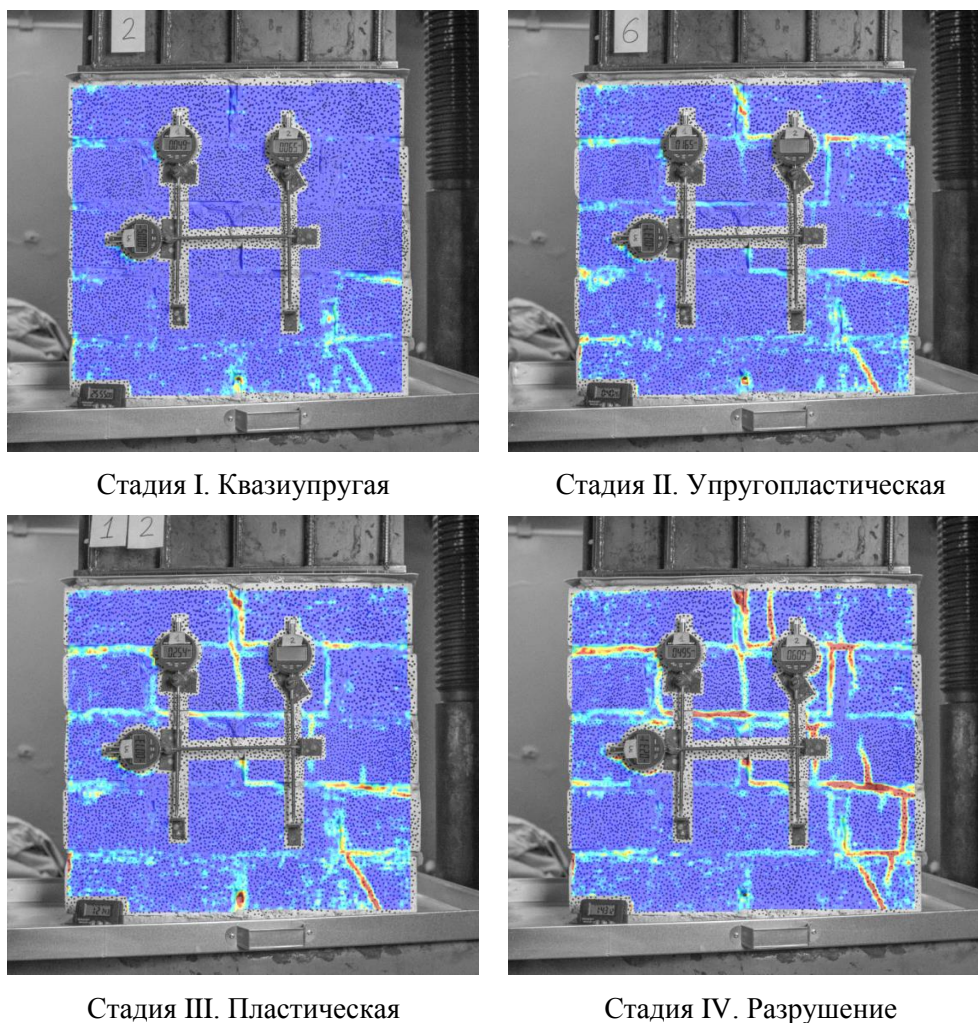


Рис. 3. Картины трещинообразования в конце каждой стадии, полученные методом корреляции цифровых изображений (DIC)

Таким образом, анализ диаграмм деформирования по методике [11] с использованием диаграмм состояния позволяет установить границы стадий напряженно-деформированного состояния каменной кладки, что подтверждается картинками трещинообразования, полученными методом корреляции цифровых изображений. В дальнейшем метод может быть применен для определения границ стадий работы для других напряженных состояний и других ориентаций главных напряжений относительно осей ортотропии каменной кладки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lourenco, P. Anisotropic Softening Model for Masonry Plates and Shells / P. Lourenco // Journal of structural engineering. – 2000. – Vol. 126, № 9. – P. 1008–1016.



2. Тюпин, Г. А. Деформационная теория пластичности каменной кладки / Г. А. Тюпин. – Текст : непосредственный // Строительная механика и расчет сооружений. – 1980. – № 6. – С. 28–30.
3. Darwin, D. Nonlinear Biaxial Stress-Strain Law for Concrete / D. Darwin, D. Pecknold // Journal of Engineering Mechanics. – 1977. – Vol. 103. – P. 229.
4. Гениев, Г. А. Вариант деформационной теории пластичности бетона / Г. А. Гениев. – Текст : непосредственный // Бетон и железобетон. – 1969. – № 2. – С. 18.
5. Вариант деформационной теории пластичности бетона в плоском напряжённом состоянии / В. М. Круглов, В. Т. Ерофеев, Н. И. Ватин, Аль Дулайми Салман Давуд Салман. – Текст : электронный // Транспортные сооружения : интернет-журнал. – 2019. – Том 6, № 4. – URL: <http://dx.doi.org/10.15862/11SATS419>.
6. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/пр : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : дата введения 20 июня 2019 г. – Москва : Минстрой России, 2019. – 150 с. – Текст : непосредственный.
7. Онищик, Л. И. Каменные конструкции промышленных и гражданских зданий / Л. И. Онищик. – Москва-Ленинград : Государственное издательство строительной литературы, 1939. – 209 с. – Текст : непосредственный.
8. СП 15.13330.2020 Каменные и армокаменные конструкции : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30 декабря 2020 г. N 902/пр : актуализированная редакция СНиП II-22-81*: дата введения 1 июля 2021 г. – Москва : Минстрой России, 2021. – 130 с. – Текст : непосредственный.
9. Соколов, Б. С. Аналитическая оценка напряженно-деформированного состояния каменных кладок при сжатии на основе авторской теории / Б. С. Соколов, А. Б. Антаков // Строительные материалы. – 2019. – № 9. – С. 51–55. – Текст : непосредственный.
10. Расчет каменных стен с использованием деформационной теории пластичности / М. Л. Поздеев, С. Ю. Лихачева, И. В. Смагин, О. В. Радайкин. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Том 15, № 3 (59). – С. 163–174.
11. Зиновьев, В. Н. Определение границ микротрещинообразования бетона при сжатии тензометрическим методом по изменению объемной деформации / В. Н. Зиновьев. – Текст : непосредственный // Бетон и железобетон. – 2011. – № 2. – С. 11-16.
12. Strain-softening of concrete in uniaxial compression / J. G. M. van Mier, S. P. Shah, M. Arnaud [et al.] // Materials and Structures. – 1997. – Vol. 30, № 4. – P. 195–209.

POZDEEV Maksim Leonidovich, postgraduate student of the chair of structural theory and technical mechanics; SMAGIN Ilya Vasilyevich, postgraduate student of the chair of structural theory and technical mechanics; LOBOV Dmitry Mikhailovich, candidate of technical sciences, senior teacher of the chair of reinforced concrete, stone and wooden structures; LIKHACHYOVA Svetlana Yurevna, candidate of physical and mathematical sciences, professor of the chair of structural theory and technical mechanics

STAGES OF STRESS-STRAIN STATE OF MASONRY UNDER UNIAXIAL COMPRESSION



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: (831) 430-54-96, e-mail: maksim.leon.pz@yandex.ru

Key words: masonry, failure stages, cracking, approximation of stress-strain curve, digital image correlation.

Masonry is an anisotropic material, and to describe its deformation diagrams, which depend on the orientation of the principal stresses relative to the anisotropy axes, it is necessary to use a technique that will allow us to analytically establish the stages of the stress-strain state. The paper describes a technique for determining the stages of masonry failure under uniaxial compression using graph-analytical method based on the results of analyzing discrete derivatives of the experimental dependence of volume strains on the principal compressive stress. Digital image correlation tools are used to visualize cracking patterns confirming the qualitative transition between the stages of stress-strain state.

REFERENCES

1. Lourenco P. Anisotropic Softening Model for Masonry Plates and Shells / Journal of structural engineering. 2000, Vol. 126, № 9, P. 1008-1016.
2. Tyupin, G. A. Deformatsionnaya teoriya plastichnosti kamennoi kladki [Deformation theory of plasticity of masonry] Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii [Structural mechanics and structural design]. 1980, № 6, P. 28-30.
3. Darwin D. Nonlinear Biaxial Stress-Strain Law for Concrete / Journal of Engineering Mechanics. 1977, Vol. 103, P. 229.
4. Geniev G. A. Variant deformatsionnoi teorii plastichnosti betona [A variant of the deformation theory of plasticity of concrete]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 1969, № 2, P. 18.
5. Kruglov V. M., Erofeev V. T., Vatin N. I., Al-Dulaimi Salman Dawood Salman Variant deformatsionnoy teorii plastichnosti betona v ploskom napryazhyonnom sostoyanii [Version of the deformation theory of plastic ductility of concrete in a plane stress state]. Internet-zhurnal «Transportnye sooruzheniya» [Russian journal of transport engineering]. 2019, № 4, Vol. 6. URL: <http://dx.doi.org/10.15862/11SATS419>.
6. SP 63.13330.2018 Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii [Concrete and reinforced concrete structures]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utv. prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaistva RF ot 19 dekabrya 2018 g. № 832/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIP 52-01-2003: data vved. 20 iyunya 2019 g. – Moscow : Minstroy Rossii, 2019, 150 p.
7. Onishchik L. I. Kamennye konstruksii promyshlennykh i grazhdanskikh zdaniy [Stone structures of industrial and civil buildings]. Moscow-Leningrad, Gosudarstvennoe izdatelstvo stroitel'noy literatury, 1939, 209 p.
8. SP 15.13330.2020 Kamennye i armokamennye konstruksii [Masonry and reinforced masonry structures]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utv. prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaistva RF ot 30 dekabrya 2020 g. N 902/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIP II-22-81*: data vved. 1 iyulya 2021 g. Moscow, Minstroy Rossii, 2021, 130 p.
9. Sokolov B. S., Antakov A. B. Analiticheskaya otsenka napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kamennykh kladok pri szhatii na osnove avtorskoj teorii [Analytical assessment of the stress-strain state of stone masonry under compression on the basis of the author's theory]. Stroitelnye Materialy [Construction Materials]. 2019, № 9, P. 51-55.
10. Pozdeev M. L., Likhachyova S. Yu., Smagin I. V., Radaikin, O. V. Raschet kamennykh sten s ispolzovaniem deformatsionnoy teorii plastichnosti [Simulation of masonry



wall using the deformation theory of plasticity]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta [Kazan State Power Engineering University Bulletin]. 2023, Vol. 15, № 3(59), P. 163-174.

11. Zinovev V. N. Opredelenie granits mikrotreshchinoobrazovaniya betona pri szhatii tenzometricheskim metodom po izmeneniyu obemnoy deformatsii [Determination of concrete microcracking boundaries in compression by strain gauge method based on the change in volume strain] Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 2011, №2, P. 11-16.

12. Strain-softening of concrete in uniaxial compression / J. G. M. van Mier, S. P. Shah, M. Arnaud [et al.] // Materials and Structures. – 1997. – Vol. 30. – № 4. – P. 195-209.

© М. Л. Поздеев, И. В. Смагин, Д. М. Лобов, С. Ю. Лихачева, 2025

Получено: 16.12.2024 г.



УДК 699.844

В. В. ДЫМЧЕНКО, канд. техн. наук, доц. кафедры архитектуры;
П. А. ГРЕБНЕВ, канд. техн. наук, доц. кафедры архитектуры, нач. научного центра «Новое строительство»; **В. Н. БОБЫЛЕВ**, чл.-корр. РААСН, проф. кафедры архитектуры; **Д. В. МОНИЧ**, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой архитектуры; **С. В. БАРЧУКОВ**, магистрант кафедры архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С РУЛОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-19-57; эл. почта: megagrover@yandex.ru

Ключевые слова: шум, жилая застройка, воздушный шум, звукоизоляция в натуральных условиях, звукоизоляция перекрытий, рулонные покрытия пола.

В статье представлены результаты натурных измерений по определению звукоизоляции перекрытий от воздушного шума с применением линолеумных покрытий пола в многоквартирном жилом доме. Проведен анализ звукоизолирующих свойств исследованных конструкций перекрытий. Подтверждено негативное влияние линолеумного покрытия на звукоизолирующие свойства междуэтажного перекрытия при воздействии воздушного шума. Сделаны выводы о необходимости учета фактической величины снижения индекса изоляции воздушного шума перекрытием, т.к. она может существенно отличаться от величины, приведенной в нормативных документах.

При эксплуатации здания прохождение звука через междуэтажные перекрытия чаще связано с ударным шумом – ходьба, перемещение мебели, удары от падения предметов и т.п. [1, 2, 3]. Однако, не менее важной характеристикой для перекрытий является звукоизолирующая способность от воздушного шума [4]. Проанализируем с этой точки зрения перекрытия жилого здания с различными конструкциями полов, в котором были выполнены натурные измерения по определению звукоизоляции от воздушного шума.

Измерения были проведены в строящемся крупнопанельном жилом доме. Исследуемые конструкции – междуэтажные железобетонные сборные перекрытия сплошного сечения толщиной 160 мм, плотностью 2400 кг/м^3 с различными конструкциями полов. Площадь перекрытия 15 м^2 .

Определение фактической звукоизоляции исследуемых конструкций междуэтажных перекрытий проведено в жилых помещениях, смежных по высоте и расположенных одно над другим. Измерения проведены по стандартной методике [5]. Описание конструкций исследованных перекрытий представлено в таблице.

Описание конструкций исследованных перекрытий

Порядковый номер конструкции	Краткое описание исследуемой конструкции
№ 1	Железобетонная плита сплошного сечения толщиной 160 мм плотностью 2400 кг/м^3 , без конструкции пола (далее – «базовая конструкция»).
№ 2	Базовая конструкция с линолеумным покрытием толщиной 4,8 мм.
№ 3	Базовая конструкция с линолеумным покрытием толщиной 4,5 мм.
№ 4	Базовая конструкция с линолеумным покрытием толщиной 1,8 мм. Под линолеумным покрытием уложен сплошной слой упругого материала (звукоизоляционная подложка) толщиной 3,0 мм.

Исследуемые конструкции перекрытий имеют одинаковый состав и отличаются только толщиной линолеумного покрытия (кроме четвертого типа пола, где еще добавлена звукоизоляционная подложка).

По результатам проведенных измерений были получены значения фактической звукоизоляции в третьоктавных полосах частот пропускания звука, в нормируемом диапазоне частот от 100 Гц до 3150 Гц и построены частотные характеристики фактической звукоизоляции исследуемых конструкций (см. рис. 1).

Анализируя полученные данные, можно видеть, что использование линолеума в конструкции пола привело к снижению изоляции воздушного шума (до 7 дБ) в широком диапазоне частот (от 160 Гц до 1600 Гц). Ниже 160 Гц оценка результатов измерений не корректна, т.к. звуковое поле в жилых помещениях не является диффузным.

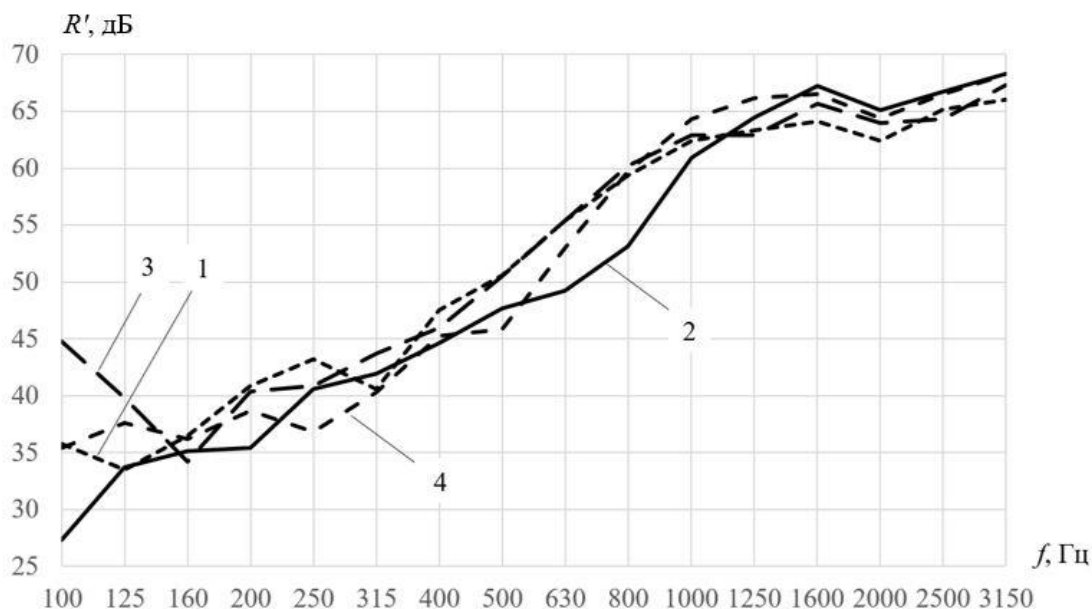


Рис. 1. Частотные характеристики звукоизоляции исследованных конструкций четырех типов: 1 – для конструкции № 1 (базовая конструкция); 2 – для конструкции № 2; 3 – для конструкции № 3; 4 – для конструкции № 4.



Описания исследуемых конструкций приведены в таблице

Ниже приведены значения индексов изоляции воздушного шума для исследованных конструкций перекрытий, рассчитанные в соответствии с методикой СП 51.13330 «Защита от шума»:

- для конструкции № 1 (базовая конструкция): $R'_{w0} = 53$ дБ;
- для конструкции № 2: $R'_w = 50$ дБ;
- для конструкции № 3: $R'_w = 53$ дБ;
- для конструкции № 4: $R'_w = 51$ дБ.

Анализируя значения индексов изоляции воздушного шума исследованных конструкций перекрытий, также можно видеть негативное влияние линолеумного покрытия на звукоизолирующие свойства конструкции № 2 и конструкции № 4. Для характеристики данного негативного влияния используется следующая величина:

$$\Delta R'_w = R'_w - R'_{w0},$$

где R'_w – индекс изоляции воздушного шума исследуемого перекрытия с линолеумным покрытием, дБ; R'_{w0} – индекс изоляции воздушного шума базовой конструкции перекрытия (без конструкции пола), дБ.

Значения $\Delta R'_w$ для исследованных типов перекрытий составляют следующие величины:

- для конструкции № 2: $\Delta R'_w = -3$ дБ;
- для конструкции № 3: $\Delta R'_w = 0$ дБ;
- для конструкции № 4: $\Delta R'_w = -2$ дБ.

Эффект снижения изоляции воздушного шума плитой перекрытия за счет применения линолеумного покрытия известен давно и уже внесен в нормативную литературу по строительной акустике. Например, в п. 9.10 СП 275.1325800 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции» указано, что «Если в качестве покрытия чистого пола используют поливинилхлоридный линолеум на волокнистой теплозвукоизоляционной подоснове, то рассчитанное значение индекса изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием следует уменьшать на 1 дБ».

Сравнивая полученные значения индексов изоляции воздушного шума междуэтажных перекрытий с нормативным значением СП 51.13330 «Защита от шума» ($R_{w \text{ треб}} \geq 52$ дБ), можно видеть, что конструкция № 2 и конструкция № 4 не удовлетворяют ему.

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что при проектировании междуэтажных перекрытий жилых зданий с линолеумными покрытиями необходимо учитывать фактическую величину снижения индекса изоляции воздушного шума, определенную по результатам экспериментальных исследований, т.к. она может существенно отличаться от величины, приведенной в п. 9.10 СП 275.1325800 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции» ($\Delta R_w = -1$ дБ). Кроме этого, можно видеть, что негативное влияние на звукоизоляционные свойства междуэтажного перекрытия оказывает не только поливинилхлоридный линолеум на волокнистой теплозвукоизоляционной подоснове, но и линолеум на вспененной основе.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Осипов, Г. Л. Защита зданий от шума / Г. Л. Осипов. – Москва : Стройиздат, 1972. – 216 с. – Текст : непосредственный.
2. Карагодина, И. Л. Борьба с шумом в городах / И. Л. Карагодина, Г. Л. Осипов, И. А. Шишкин. – Москва : Медицина, 1972. – 159 с. – Текст : непосредственный.
3. Снижение шума в зданиях и жилых районах / под редакцией Г. Л. Осипова, Е. Я. Юдина. – Москва : Стройиздат, 1987. – 558 с. – Текст : непосредственный.
4. Крышов, С. И. Обеспечение требований звукоизоляции монолитными и сборными железобетонными конструкциями жилых зданий по данным измерений в новостройках Москвы / С. И. Крышов, О. В. Градова. – Текст : непосредственный // Alitinform : Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2019. – № 4 – С. 45-53.
5. ГОСТ 27296–2012. Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций. – Москва : Стандартинформ. – 20 с. – Текст : непосредственный.

DYMCHENKO Vladimir Viktorovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of architecture; GREBNEV Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of architecture, head of the scientific center "New Construction"; BOBYLEV Vladimir Nikolaevich, corresponding member of RAACS, professor of the chair of architecture; MONICH Dmitry Viktorovich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of architecture; BARCHUKOV Sergey Vladimirovich, master degree student of the chair of architecture

RESEARCH OF SOUND INSULATING PROPERTIES OF FLOORS WITH ROLL MATERIALS UNDER THE AIRBORNE NOISE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-19-57; e-mail: megagrover@yandex.ru

Key words: noise, residential development, airborne noise, sound insulation in natural conditions, sound insulation of ceilings, rolled floor coverings.

The article presents the results of in-situ measurements to determine the sound insulation of floors from airborne noise using linoleum floor coverings in a multi-story residential building. The analysis of the sound insulation properties of the studied floor structures is carried out. The negative effect of linoleum flooring on the sound insulation properties of the floor when exposed to airborne noise is confirmed. Conclusions are made about the need to take into account the actual value of the reduction in the airborne noise insulation index of the floor, since it can differ significantly from the value given in regulatory documents.

REFERENCES

1. Osipov G. L. Zashhita zdaniy ot shuma [Protection of buildings from noise]. Moscow, Stroyizdat, 1972, 216 p.
2. Karagodina I. L., Osipov, G. L., Shishkin, I. A. Borba s shumom v gorodakh [Noise control in cities]. Moscow, Meditsina, 1972, 159 p.
3. Osipov G. L., Yudin E. Ya., Hübner G. et al. Snizhenie shuma v zdaniyakh i zhilykh rayonakh [Noise reduction in buildings and residential areas]. pod redaktsiey G. L. Osipova, E. YA. Yudina. Moscow, Stroyizdat, 1987, 558 p.



4. Kryshov S. I. Obespechenie trebovaniy zvukoizoljatsii monolitnymi i sbornymi zhelezobetonnymi konstruktsiyami zhilykh zdaniy po dannym izmereniy v novostroykakh Moskvy [Ensuring sound insulation requirements for monolithic and prefabricated reinforced concrete structures of residential buildings based on measurement data in new buildings in Moscow]. Alitinform: Tsement. Beton. Sukhie smesi [Alitinform: Cement. Concrete. Dry mixes]. 2019, №4, p. 45-53.

5. GOST 27296–2012. Zdaniya i sooruzheniya. Metody izmereniya zvukoizolyatsii ograzhdayushhikh konstruktsiy [Buildings and structures. Methods of measuring sound insulation of enclosing structures]. Moscow, Standartinform, 20 p.

© **В. В. Дымченко, П. А. Гребнев, В. Н. Бобылев, Д. В. Монич, С. В. Барчуков, 2025**

Получено: 13.01.2025 г.



УДК 69.057.62, УДК 621.886.646

А. А. ОЛЕНИН¹, вед. инженер-конструктор; Н. В. КРАСИЛЬНИКОВ¹, гл. технолог; Д. М. ЛОБОВ², канд. техн. наук, ст. преп. кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций; А. С. ТОРОПОВ², доц. кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций; Д. А. ЛАМЗИН², канд. техн. наук, зав. кафедрой железобетонных, каменных и деревянных конструкций

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КЛИНОВЫХ ЛЕСОВ. ЧАСТЬ 1

¹ООО «АЛЬТУМ». 606016, Российская Федерация, Нижегородская область, г. Дзержинск, пр-т Ленина, д. 117, пом. П21, оф №26.

Тел: 8 (800) 234-99-55; эл. почта: altum@altumsf.pro

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-80; эл. почта: dmlobov@nngasu.ru

Ключевые слова: строительные клиновые леса, методика испытаний строительных лесов, надежность строительных лесов.

В статье проведен анализ научной и нормативной документации в области исследования надежности строительных клиновых лесов. Обозначены проблемы нормативной документации в рассматриваемой области. Поставлены цели и задачи для разработки методов экспериментального исследования для оценки надежности строительных клиновых лесов.

Строительные леса как вид временных пространственных каркасных сборно-разборных систем используют очень давно. Изначально использовались древесные материалы, в дальнейшем по мере развития технологии обработки металла появились конструкции из металла оцинкованные, алюминиевые, из нержавеющей стали. Стоит отметить, что в Китае по сей день распространены конструкции из легкого и экологичного возобновляемого материала – бамбука. Однако использование таких материалов, как дерево бамбук, накладывает определенные ограничения по пожарной безопасности оборудования и сужает их сферы применения. Также конструкции из таких материалов имеют короткий срок службы и применяются одноразово. Модульные клиновые леса имеют в своей структуре сборно-разборный клиновой узел, обеспечивающий быстроту сборно-разборных операций. Модульность конструкции позволяет гибко подходить к проектированию конструкции из элементов системы.

Перед тем как рассмотреть вопрос исследования надежности строительных лесов, необходимо пояснить определение самого понятия «строительные леса». Строительные леса – это временная опорная структура, собранная из многоэтажных элементов, предназначенная для временной передачи нагрузок, вызванных людьми, строительными материалами или оборудованием при возведении строительных или инженерных объектов.

Эксплуатация строительных лесов и обеспечение безопасности их использования зависит от многих факторов, таких как технологические решения, применяемые в производстве, качество применяемых материалов и качество



сборки элементов. От надежности отдельных элементов будет зависеть возможность дальнейшей эксплуатации строительных лесов. Широкий спектр нормативной базы, более 20 европейских не менее 8 российских стандартов обусловлено тем, что строительные леса играют очень значительную роль в строительной инженерии, и их функциональность и несущая способность определяют безопасность людей.

В данной статье описана методика исследования надежности узлов и основных несущих элементов системы. В разработке методики основывались на требованиях стандартов [1-4]. Три части стандарта EN 12811-1:2007, EN 12811-2:2008 и EN 12811-3:2003 касаются всех типов строительных лесов. В стандарте [1] можно найти номенклатуру отдельных элементов строительных лесов, классы ширины рабочих зон, классы нагрузки, правила формирования рабочих строительных лесов, правила их проектирования.

Стандарт [2] содержит информацию о свойствах материалов, из которых могут быть выполнены строительные леса, а именно о стали, чугуне, алюминиевом сплаве, фанере и дереве.

Основным документом, на основании которого проводятся лабораторные испытания строительных лесов, является последняя часть стандарта [3], в соответствии с названием, регулирует правила проведения исследований отдельных элементов. В стандарте описаны типы исследований, а также способ анализа полученных результатов.

Российские стандарты [5-7] в основном аналогичны требованиям европейских норм EN 12811. Однако, в указанных стандартах не описаны требования к испытаниям отдельных узлов системы строительных лесов.

Конструкция модульных строительных лесов состоит из основных несущих элементов:

- вертикальные опорные элементы (стойки, регулировочные домкраты совместно со стартовым элементом);
- горизонтальные опорные элементы (ригели, усиленные ригели);
- элементы рабочей площадки (настилы);
- диагональные связи (диагонали).

Общий вид строительных клиновых лесов показан на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид строительных клиновых лесов



Фиксация ригелей и раскосов (диагоналей) в розетке стойки выполнена через забивку клина. Передача усилий в узле происходит за счет возникающих сил трения между клином и розеткой. Узлы служат для передачи продольных и поперечных сил, а также изгибающих и крутящих моментов. Впоследствии результаты экспериментального исследования по определению жесткостных характеристик узла используются при выполнении численного моделирования строительных лесов для определения фактического напряженно-деформированного состояния конструкции.

В статье [8] проведено изучение напряженно-деформированного состояния узла соединения ригеля-стойки, в работе описана постановка натурного испытания модели узла, приближенного по характеристикам к реальной конструкции. Уточнение жесткостных характеристик узла сопротивлению изгибающему моменту оказывает значительную роль при расчете пространственной стержневой модели.

Проблемы учета жесткости узлов в расчетах строительных клиновых узлов описаны в работах [9-13]. В работе [9] сравниваются результаты расчетов на статическую нагрузку модульных лесов сложной геометрии с различными типами конструкции стоечно-ригельных узлов. В расчетах учитывается влияние несовершенств и эффектов второго порядка. Показано, что значение напряжения в стойках и ригелях отличаются друг от друга при применении различных методов моделирования узлов. В статье [10] рассматривается подход к выбору характеристик работы узлов в лесах, описанных как отношения между нагрузкой узла и соответствующим перемещением, а также влияние этих характеристик на усилия в элементах. Этот же автор в продолжении своей работы описал влияние модели несовершенств и работы узлов, определенных на основе экспериментальных исследований [11]. Измерение зависимости момента поворота узлов трубных лесов и аппроксимация результатов измерения различными наборами функций описаны в работе [12]. Авторы статьи выполнили компьютерные расчеты, чтобы проверить, какой набор функций дает наилучшие результаты, и пришли к выводу, что в первой части графика лучшим решением является линейная зависимость, а в другой части графика применимы последовательной линейные функции.

По результатам анализа научной и нормативной литературы установлено, что на текущий момент времени отсутствует единый нормативный документ, содержащий в себе критерии оценки прочности и надежности строительных клиновых лесов на различные виды воздействия.

С целью оценки надежности строительных клиновых лесов была разработана программа многофакторного эксперимента, включающая в себя различные виды испытаний как отдельных элементов конструкции строительных лесов и узловых соединений, так и конструкцию в сборе.

В данной работе приведено описание первого этапа работы по разработке методики экспериментального исследования строительных клиновых лесов. На данном этапе осуществлялась разработка программы испытания конструкции в сборе строительных клиновых лесов. На следующем этапе планируется разработка программы испытаний узловых соединений на различные виды воздействий, результаты следующего этапа работы будут представлены в последующих статьях.

В процессе эксплуатации строительных лесов одним из определяющих факторов является их жесткость. В соответствии требованиями [6] предельный прогиб загруженной платформы на действие распределенной и сосредоточенной нагрузки не должен превышать 0,01 ее пролета.

С целью оценки жесткости строительных клиновых лесов выполнялись испытания на воздействие распределенной и сосредоточенной статической нагрузки. Указанные виды испытаний моделируют воздействия на рабочие площадки от людей и размещения различного оборудования при проведении ремонтно-восстановительных работ. Сосредоточенные нагрузки могут возникать при установке стойки на ригель через хомут-делитель и от диагональных связей через хомутовые соединения.

Методика испытаний образца подмостей на жесткость при воздействии распределенной статической нагрузки принималась в соответствии с п.6.5 [6]. Испытательную нагрузку прикладывают вертикально вниз в наиболее неблагоприятной зоне воздействия. Проведение испытаний осуществляется следующим образом: подмости устанавливаются в рабочее положение; прикладывают испытательную нагрузку q не менее $1,5 \text{ кН/м}^2$, равномерно распределенную на поверхности рабочей площадки в течение $180 \pm 3 \text{ с}$.

Для проведения испытаний осуществлялась сборка подмостей в проектное положение, нагружение осуществлялось через балки оснастки опирающихся на ригель строительных клиновых лесов, к которым подвешивались грузовые корзины. Нагрузка прикладывалась ступенями путем укладки гирь в грузовые корзины, на каждом этапе приложения нагрузки фиксировалось значение прогибов в середине пролета ригелей посредством индикаторов часового типа. Схема испытания строительных клиновых лесов на действие распределенной нагрузки приведена на рис. 2.

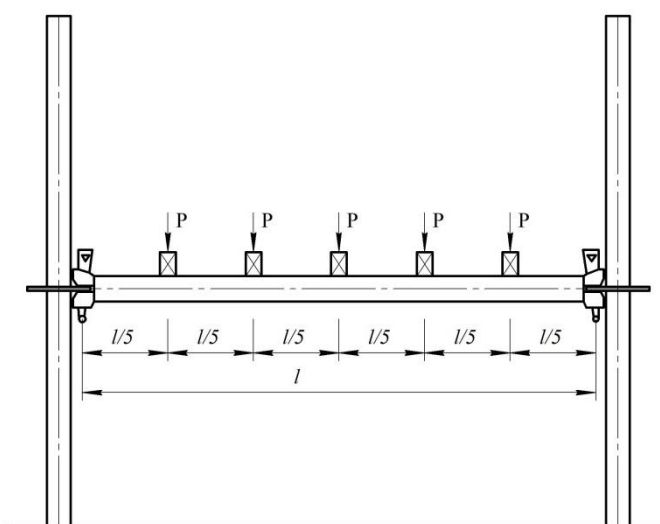


Рис. 2. Общий вид испытания строительных клиновых лесов на действие распределенной нагрузки



Изделие считается выдержавшим испытание, если после испытания отсутствуют следующие нарушения целостности конструкции: деформации опорных узлов, механические повреждения деталей; изломы конструктивных элементов, трещины в металле и сварных швах.

Методика испытаний образца подмостей на жесткость при воздействии сосредоточенной статической нагрузки в соответствии с п. 6.6 [6]. Испытательную нагрузку прикладывают вертикально вниз в наиболее неблагоприятной зоне воздействия. Проведение испытаний осуществляется следующим образом:

- подмости устанавливаются в рабочее положение; прикладывается предварительная нагрузка $0,5 \pm 0,05$ кН через подкладку размерами 200×200 мм в течение 60 ± 1 с; после снятия предварительной нагрузки устанавливается индикатор в контрольной точке; прикладывается испытательная нагрузка $1,0 \pm 0,1$ кН через подкладку размерами 200×200 мм в течение 180 ± 1 с; после снятия испытательной нагрузки записывается значение индикатора и вычисляется значение остаточной деформации;

- прикладывается предварительная нагрузка $0,5 \pm 0,05$ кН через подкладку размерами 500×500 мм в течение 60 ± 1 с; после снятия предварительной нагрузки устанавливается индикатор в контрольной точке; прикладывается испытательная нагрузка $1,5 \pm 0,1$ кН через подкладку размерами 500×500 мм в течение 180 ± 1 с; после снятия испытательной нагрузки записывается значение индикатора и вычисляется значение остаточной деформации.

После окончания проведения испытаний по методике п. 6.6 [6] осуществляется испытание подмости до момента, когда прогибы загруженной платформы достигнут значения $0,01$ от ее пролета. Нагрузка прикладывается ступенями по $0,2 \pm 0,02$ кН через подкладку размерами 500×500 мм с выдержкой каждой ступени в течение 30 ± 1 с, на каждой ступени фиксируют значение прогиба, при достижении прогиба $0,01$ от пролета испытания завершают. По результатам проведенных испытаний фиксируется значение нагрузки, при которой прогиб подмости достиг своего предельного значения.

Для проведения испытаний осуществлялась сборка подмостей в проектное положение, нагружение осуществлялось через балки оснастки опирающихся на ригеля строительных клиновых лесов, к которым подвешивалась грузовая корзина. Нагрузка прикладывалась ступенями путем укладки гирь в грузовые корзины, на каждом этапе приложения нагрузки фиксировалось значение прогибов в середине пролета ригелей посредством индикаторов часового типа. Схема испытания строительных клиновых лесов на действие распределенной нагрузки приведена на рис. 3.

Изделие считается выдержавшим испытание, если при приложении испытательной нагрузки прогибы загруженной платформы не превысили $0,01$ ее пролета, после испытания отсутствуют остаточные деформации и нарушения целостности конструкции.

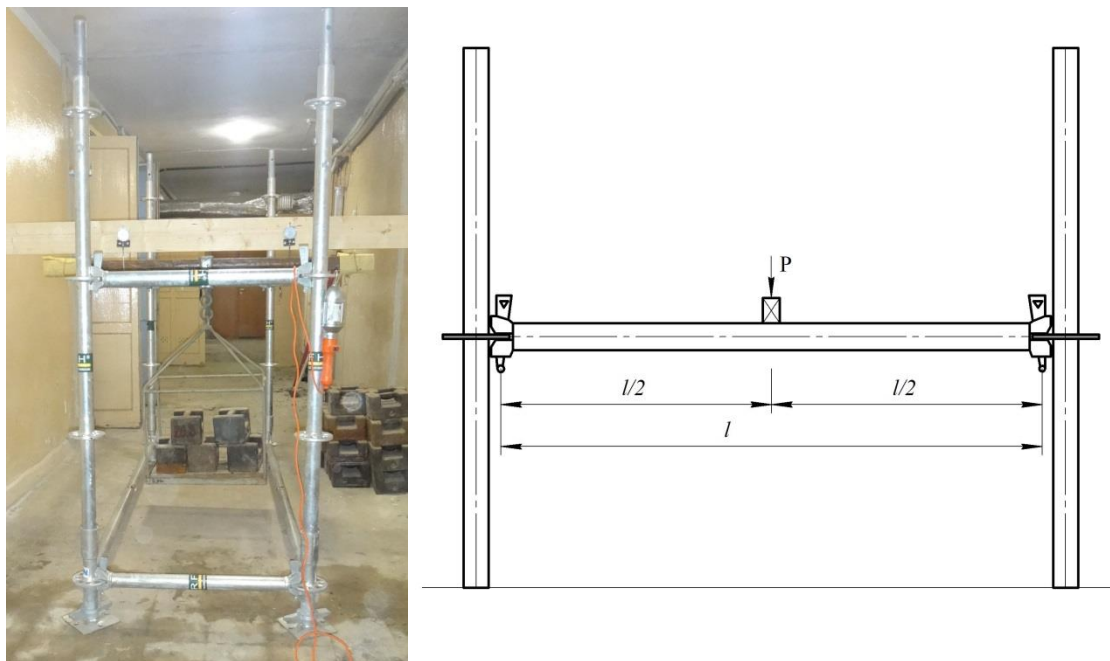


Рис. 3. Общий вид испытания строительных клиновых лесов на действие сосредоточенной нагрузки

В статье выполнен обзор научной и нормативной литературы в области оценки прочности и надежности строительных клиновых лесов. На текущий момент времени нет единого нормативного документа, охватывающего все виды испытаний. В отечественной нормативной документации отсутствуют требования и методики по оценке надежности узловых соединений строительных клиновых лесов. Областью дальнейшего исследования является разработка методик по оценке прочности и надежности узловых соединений элементов конструкции, позволяющих определять напряженно-деформированное состояние узлового соединения, выполнять контроль качества продукции, на основании проведенных испытаний осуществлять снижение материалоемкости продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. EN 12811-1:2007 Оборудование для временных работ. Часть 1. Леса. Требования к рабочим характеристикам и общий дизайн. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3969042>. – Текст : электронный.
2. EN 12811-2:2008. Оборудование для временных работ. Часть 2: Информация о материалах. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4029583>. – Текст : электронный.
3. EN 12811-3:2003 Временное рабочее оборудование. Часть 3. Нагрузочные испытания. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3931854>. – Текст : электронный.
4. EN 12810-2 2010 Фасадные леса из сборных элементов. Часть 2. Особые методы проектирования конструкций. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4003997>. – Текст : электронный.
5. ГОСТ Р 58752-2019. Средства подмащивания. Общие технические условия. – Введ. 01.09.2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 12 с. – Текст : непосредственный.
6. ГОСТ Р 58755-2019 Подмости передвижные сборно-разборные. Технические



условия. – Введ. 01.09.2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 19 с. – Текст : непосредственный.

7. ГОСТ Р 58758-2019 Площадки и лестницы для строительно-монтажных работ. Общие технические условия. – Введ. 01.09.2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 21 с. – Текст : непосредственный.

8. Creating a node connection for scaffolding and studying its stress-strain state by means of a full-scale test / E. Derevyanko, G. Shmelev, L. Khaidarov, A. Antonov, I. Galimullin // IOP Conference Series : materials Science and Engineering. – 2020. – P. 890. – doi:10.1088/1757-899X/890/1/012043.

9. Błazik-Borowa, E. The numerical analysis of the modular scaffold structure with the non-typical form / E. Błazik-Borowa, A. Robak, M. Pieńko // J. of Civil Eng., Environment and Architecture. – 2011. – № 58. – P. 333-340.

10. Misztela, A. Modeling the load characteristics for connections in scaffolds / A. Misztela // Przegląd Mechaniczny. – 2011. – № 5. – P. 19-26.

11. Misztela, A. Influence of process parameters on the results of numerical analysis of nonlinear computation-al scaffolding International / A. Misztela // J. of Applied Mech. and Eng. – 2012. – № 17(3). – P. 931-940.

12. Prabhakaran, U. Analysis of scaffolds with connections containing looseness / U. Prabhakaran, R. G. Beale, M.H.R. Godley // Comp. and Structures. – 2011. – № 89. – P. 1944-1955.

13. Modelling of load-displacement curves obtained from scaffold components tests / E. Błazik-Borowa, J. Szer, A. Borowa, A. Robak, M. Pieńko // Bull. Pol. Acad. Sci. Tech. Sci. – 2019. – № 67. – P. 317-327.

OLENIN Anton Andreevich¹, leading design engineer; KRASILNIKOV Nikolay Vladimirovich¹ chief technologist; LOBOV Dmitry Mikhaylovich², candidate of technical sciences, senior teacher of the chair of reinforced concrete, stone and wooden structures; TOROPOV Aleksandr Sergeevich², associate professor of the chair of reinforced concrete, stone and wooden structures; LAMZIN Dmitry Aleksandrovich², candidate of technical sciences, holder of the chair of reinforced concrete, stone and wooden structures

METHODOLOGY FOR STUDYING THE RELIABILITY OF CONSTRUCTION WEDGE FORESTS. PART 1

¹LLC “ALTUM”

117, Lenina Pr., Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, 606016, Russia.

Tel.: 8 (800) 234-99-55; e-mail: altum@altumsf.pro

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-80; e-mail: dmlobov@nngasu.ru

Key words: construction wedge scaffolding, testing methods for scaffolding, reliability of scaffolding.

The article analyzes scientific and regulatory documentation related to the investigation of the reliability of construction wedge scaffolding. The problems of regulatory documentation in the area under consideration are identified. Goals and objectives have been set for the development of experimental research methods for assessing the reliability of construction wedge scaffolding.



REFERENCES

1. EN 12811-1:2007 Oborudovanie dlya vremennykh rabot. Chast 1. Lesa. Trebovaniya k rabochim kharakteristikam i obshchiy dizayn [Temporary works equipment. Part 1. Scaffolds. Performance requirements and general design]. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3969042>.
2. EN 12811-2:2008. Oborudovanie dlya vremennykh rabot. Chast 2. Informatsiya o materialakh [Temporary works equipment. Part 2. Information on materials]. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4029583>.
3. EN 12811-3 2003 Oborudovanie dlya vremennykh rabot. Chast 3. Ispytanie pod nagruzkoy [Temporary works equipment – Part 3: Load testing]. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=3931854>.
4. EN 12810-2 2010 Fasadnye lesa sbornye. Chast 2. Spetsialnye metody proektirovaniya konstruktsiy [Facade scaffolds made of prefabricated components - Part 2: Particular methods of structural design]. – URL: <https://en.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4003997>.
5. GOST R 58752-2019. Sredstva podmaschivaniya. Obschie tekhnicheskie usloviya [Different types of scaffolding. General specifications]. Vveden 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020 12 p.
6. GOST R 58755-2019. Podmosti peredvizhnye sborno-razborno. Tekhnicheskie usloviya [Demountable rolling scaffold. Specifications]. Vveden 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020. 19 p.
7. GOST R 58758-2019. Ploschadki i lestnitsy dlya stroitelno-montazhnykh rabot. Obschie tekhnicheskie usloviya [Platforms and ladders for civil engineering works. General specifications]. Vveden 01.09.2020. Moscow, Standartinform, 2020, 21 p.
8. Derevyanko E., Shmelev G., Khaidarov L., Antonov A., Galimullin I. Creating a node connection for scaffolding and studying its stress-strain state by means of a full-scale test / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. P. 890. doi:10.1088/1757-899X/890/1/012043.
9. Błazik-Borowa E., Robak A., Pieńko M. The numerical analysis of the modular scaffold structure with the non-typical form / J. of Civil Eng., Environment and Architecture. 2011. №58. P. 333-340.
10. Misztela A. Modeling the load characteristics for connections in scaffolds / Przegląd Mechaniczny. 2011. №5. P. 19-26.
11. Misztela A. Influence of process parameters on the results of numerical analysis of nonlinear computational scaffolding International / J. of Applied Mech. and Eng. 2012. № 17(3). P. 931-940.
12. Prabhakaran U., Beale R. G., Godley M.H.R. Analysis of scaffolds with connections containing looseness / Comp. and Structures. 2011. №89. P. 1944-1955.
13. Błazik-Borowa E., Szer J., Borowa A., Robak A., Pieńko M. Modelling of load-displacement curves obtained from scaffold components tests / Bull. Pol. Acad. Sci. Tech. Sci. 2019. № 67. P. 317–327.

© А. А. Оленин, Н. В. Красильников, Д. М. Лобов, А. С. Торопов,
Д. А. Ламзин, 2025

Получено: 27.01.2025 г.



УДК 621.22

А. В. ФЕВРАЛЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений

О ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТВОРАХ ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-42-89; факс: (831) 430-19-36; эл. почта: fevral6@yandex.ru

Ключевые слова: малые ГЭС, перспективные створы, экономическая эффективность.

Приводится краткая справка по использованию энергии малых рек в Горьковской (Нижегородской) области; дается методика оценки экономической эффективности; приводятся сведения о перспективных малых ГЭС.

Использование гидроэнергии малых водотоков в Горьковской (сейчас Нижегородской) области началось в 30-х годах двадцатого столетия (табл. 1) [1].

Таблица 1

Развитие сельских ГЭС в Горьковской области

Год	Число ГЭС	Общая мощность, тыс. кВт	Рост мощности по сравнению с 1935 г., %
1935	1	≈0,1	
1940	4	0,45	450
1941	12	-	
1945	17	0,6	600
1946	57	-	
1947	123	3,82	3820

Характеристику этих ГЭС можно проиллюстрировать табл. 2, составленной по архивным данным Горьковского отделения Сельэнергопроекта.

В начале 60-х гг. в связи с расширением строительства крупных электростанций (ГЭС, ТЭЦ, ГРЭС), линий электропередач и сельских электросетей значение ГЭС на малых реках уменьшается, они выводятся из эксплуатации, сооружения гидроузлов ликвидируются, оборудование, как энергетическое, так и механическое, в основном, демонтируется; зачастую гидроузлы становятся бесхозными с соответствующими последствиями [2]. В результате к 80-м годам в Горьковской области не осталось не одной действующей малой ГЭС (МГЭС).

В 1980-х гг. в Российской Федерации, в том числе и в Горьковской области, возникли обстоятельства, способствующие появлению нового интереса к возрождению малых ГЭС («ренессанс» малой гидроэнергетики).

В связи с этим департаментом по топливно-энергетическому комплексу области была разработана «Программа создания малой гидроэнергетики Нижегородской области» [3]. Первым этапом программы явилось восстановление Ичалковской ГЭС на р. Пьяне в Перевозском районе. Пуск восстановленной ГЭС



состоялся 01.11.1994 г. Показатели ГЭС: установленная мощность 250 кВт, выработка электроэнергии 1,2 млн. кВт·ч/год, срок окупаемости затрат около двух лет. К сожалению, в настоящее время эта ГЭС в результате аварии прекратила свое существование.

Таблица 2

**Показатели некоторых малых ГЭС, эксплуатировавшихся
в Горьковской области**

Река, створ	Установленная мощность, кВт	Выработка электроэнергии, млн кВт·ч/год	Напоры, м	
			расчетный	максимальный
Уста, Урень	168	-	2,35	
Уста, Кириллово	310 (лето) 455 (зима)	1,9	3,25	
Керженец, Хахалы	200 (лето) 240 (зима)	0,86	2,65	
Керженец, Пенякша	6500	6,4	11,0	
Южный Козленец, Марково	10,2	0,0612	1,8	
Пьяна, Перевоз	280	1,724	3,84	4,6
Пьяна, Пильна	550	3,135	3,0	4,25
Алатырь, Ильино-Байково	140	0,64	2,5	2,7
Урга, Кекино	520		7,85	8,35
Теша, Докукино	76	0,59	2,5	2,65
Сундовик, Малая Куражка	26		2,0	

На втором этапе был проведен конкурс по исследованию эффективности еще семи ГЭС (табл. 3).

По результатам конкурса выявились ориентировочные параметры и конструктивные схемы рассмотренных ГЭС, а также их экономическая эффективность.

Таблица 3

Сведения о малых ГЭС, предложенных на конкурс

Река	Створ, район	Ориентировочная установленная мощность, кВт
Пьяна	Анненково, Вадский	200
	Суродеево, Бутурлинский	150
	Сергач, Сергачский	230
	Перевоз, Перевозский	180
Керженец	Зименки, Семеновский	170
Уста	Кириллово, Краснобаковский	450
	Б. Отары, Воскресенский	750



Дальнейшее предложение департамента по топливно-энергетическому комплексу области инвестировать в эти ГЭС не нашло поддержку у бизнеса; строительство малых ГЭС по рассмотренной программе осуществлено не было.

Поскольку описанные ГЭС разрабатывались различными организациями, иногда неспециализированными, качество результатов оказалось невысоким: в частности, экономическая эффективность оказалась низкой; ГЭС в створе Б. Отары, Воскресенский район, была отклонена, так как оказалась размещенной в заповеднике.

Кроме того, исследования были проведены в 1990-х годах. С тех пор изменились экономические показатели, такие, как первоначальные и текущие затраты, цены на электроэнергию и т.п. В этой связи потребовалось исследовать эффективность для современных энергоэкономических условий.

Для уточнения перспективности малых ГЭС в Нижегородской области в ННГАСУ были рассмотрены створы, в которых ранее существовали гидроэлектростанции, а также ГЭС на водовыпуске станции аэрации. Для этих створов выполнялись оценки срока окупаемости ГЭС, определяемого из формулы [4]:

$$\sum_{t=1}^{T_{\text{OK}}} \frac{\Phi_t - I_t}{(1+d)^t} = K,$$

где Φ – экономический результат; d – норма дисконтирования; K – первоначальные затраты; I – текущие затраты; t – время; T_{OK} – срок окупаемости.

Здесь экономический результат – снижение затрат на приобретение электроэнергии из электросетей Нижновэнерго. Сроки окупаемости даны в табл. 4.

Таблица 4

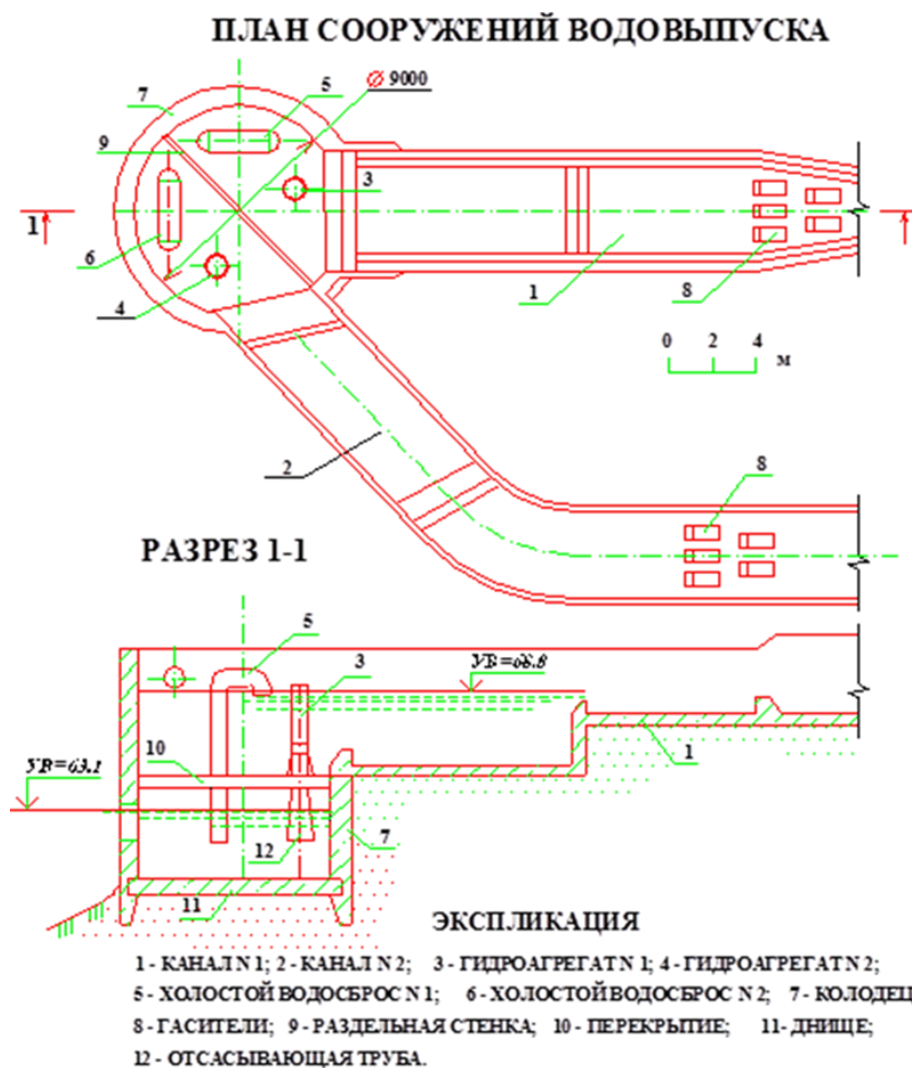
Показатели некоторых МГЭС в ценах 2023 г. (Исследования ННГАСУ)

Река, створ	Установленная мощность, кВт	Выработка электроэнергии, млн кВт·ч/год	Капитальные затраты, тыс. руб.	Эксплуатационные затраты, тыс. руб/год	Срок окупаемости, годы
Пьяна, Юрьево	240	0,66	27725,81	1382,185	7,0
Пьяна, Ичалки	240	1,57	49293,37	2463,3	4,8
Пьяна, Дубское	420	1,86	115063,48	5747,7	12,5
Имза, Соловьево	162	0,53	30750,195	1532,72	11,2
Сейма, Володарск	228	1,3	51236,64	2559,1	6,5
Линда, Филипповское	100	0,48	15641,96	780,05	5,07
Керженец, Пенякша	900	4,2	190536,3	9524,8	7,8
Пьяна, Пильна	500	2,8	81083,6	1621,7	3,9
Уста, Кириллово	375	1,9	232959,8	4324,5	21,1
Кишма, Ворсма	50	0,34	8539,4	255,9	3,4
Водовыпуск Нижегородской станции аэрации	800	3,05	59139,77	471,4	2,45



Как следует из табл. 4, сроки окупаемости для некоторых ГЭС оказались сравнительно большими. Предыдущий опыт гидроэнергетики показывает, что приемлемые сроки окупаемости не должны превышать 10-12 лет. При этом такие ГЭС, как в створах Дубское, Соловьево и Кириллово к осуществлению нецелесообразны.

Из представленных в табл. 4 ГЭС перспективными можно считать ГЭС на р. Кишме у г. Ворсмы (в створе существующего моста-плотины), на р. Линде у с. Филипповское, на р. Сейме у г. Володарска, а также ГЭС на водовыпуске станции аэрации (рисунок) [5].



Малая ГЭС на водовыпуске Нижегородской станции аэрации (проект ННГАСУ)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов, С. А. Электрификация сельского хозяйства Горьковской области / С. А. Смирнов. – Горький : Горьк. обл. изд-во, 1948. - 88 с. : ил. – Текст : непосредственный.



2. Михайлов, Л. П. Малая гидроэнергетика и перспективы ее развития / Л. П. Михайлов, А. Ш. Резниковский, Б. Н. Фельдман. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 1982. – № 8. – С. 5-11.

3. Февралев, А. В. Перспективы малой гидроэнергетики в Нижегородской области / А. В. Февралев, С. В. Соболев. – Текст : непосредственный // Электрические станции. – 1996. – № 8. – С. 30-34.

4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). – Москва : Экономика, 2000. – 422 с.

5. Февралев, А. В. Эффективность энергетического использования сбросов технологических вод промышленных предприятий / А. В. Февралев // Электрические станции. – 1998. – № 8. – С. 9-12.

FEVRALEV Arkady Valentinovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic and transport structures

ON PROMISING SITES FOR SMALL HYDROPOWER PLANTS IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-42-89; e-mail: fevral6@yandex.ru

Key words: small hydropower plants, prospective alignments, economic efficiency.

A brief reference on the use of energy of small rivers in the Gorky (Nizhny Novgorod) region is given; a methodology for assessing economic efficiency is given; information on promising small hydropower plants is provided.

REFERENCES

1. Smirnov S. A. Elektrifikatsiya selskogo khozyaystva Gorkovskoy oblasti [Electrification of Agriculture in the Gorky Region]. Gorky, Gork. obl. izd-vo, 1948, 88 p.

2. Mikhaylov L. P., Reznikovskii A. Sh., Feldman B. N. Malaya gidroenergetika i perspektivy ee razvitiya [Small hydropower and prospects of its development]. Gidroenergeticheskoe stroitelstvo [Hydraulic engineering]. 1982, № 8, P. 5-11.

3. Fevralev A. V., Sobol S. V. Perspektivy maloy gidroenergetiki v Nishegorodskoy oblasti [Prospects for Small Hydropower in the Nizhny Novgorod Region]. Elektricheskie stanzii [Electric power plants]. 1996, № 8, P. 30-34.

4. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov [Methodological recommendations for assessing the effectiveness of investment projects]. vtoraya pedakziya. Moscow, Ekonomika, 2000, 422 p.

5. Fevralev A. V. Effektivnost energeticheskogo ispolzovaniya sbrosov tekhnologicheskikh vod promyshlennykh predpriyatiy [Efficiency of energy use of technological water discharges of industrial enterprises]. Elektricheskii stanzii [Electric power plants]. 1998, № 8, P. 9-12.

© А. В. Февралев, 2025

Получено: 17.11.2024 г.

УДК 697.934:533.6.07

М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, зав. кафедрой отопления и вентиляции;
И. П. ГРИМАЛОВСКАЯ, канд. техн. наук, доц. кафедры отопления и
вентиляции, **М. С. МОРОЗОВ**, ст. преп. кафедры отопления и вентиляции;
А. Н. ПЫЛАЕВ, аспирант кафедры отопления и вентиляции

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВИХРЕВЫХ ТРУБ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-85; факс: (831) 430-19-36; эл. почта: tes84@inbox.ru

Ключевые слова: вихревая труба, осушка воздуха, холодопроизводительность, влагосодержание, кондиционирование воздуха.

Разработана математическая модель процесса осушки воздуха для схемы с параллельным соединением вихревой трубы и теплообменника. Полученные расчетные уравнения для определения основных термодинамических параметров вихревой трубы могут быть использованы при проектировании воздухоосушителей и регенеративных холодильных установок систем кондиционирования воздуха.

В настоящее время одной из приоритетных задач в промышленности нашей страны является повышение энергоэффективности производства путем совершенствования тепло- и массообменного оборудования систем обеспечения параметров микроклимата [1-3]. Целью исследования авторов является совершенствование методов термодинамического расчета осушителей с параллельным соединением вихревой трубы (ВТ) и теплообменника без регенерации холода. Расчетная схема осушителей представлена на рисунках 1а...1д.

Исходный сжатый воздух с параметрами p_0 , T_0 и d_0 поступает одновременно в теплообменник и ВТ. В теплообменнике его охлаждают до температуры T_1 , за счет чего влагосодержание снижается до величины d_1 . В ВТ исходный сжатый воздух, расширяясь, охлаждается до температуры T_x , затем поступает в теплообменник, где охлаждает влажный воздух, нагреваясь при этом до температуры T_2 .

Преимуществом параллельного соединения по сравнению с последовательным является отсутствие затрат на осушку поступающего в вихревую трубу сжатого воздуха. Это оказывает особенно заметное влияние при высокой относительной влажности исходного сжатого воздуха. В осушителе с параллельным соединением расход воздуха через ВТ может быть выбран как угодно большим, что обеспечивает охлаждение сжатого воздуха в теплообменнике вплоть до температуры T_x . Отметим, что расход воздуха через ВТ не может превышать расхода через теплообменник, что ограничивает температуру охлаждения сжатого воздуха последним [4, 5]. Также следует иметь в виду, что поступление в ВТ влажного сжатого воздуха снижает ее

эффективность, а выходящий из ВТ воздух сохраняется в этом случае влажным, что исключает возможность его использования потребителями сухого воздуха низкого давления. Выбор схемы соединения ВТ и теплообменника необходимо производить с учетом конкретных условий работы и эксплуатации осушителя.

В рассматриваемом на рисунке 1 осушителе температура T_x не зависит от соотношения между расходом охлаждаемого и охлаждающего потоков в теплообменнике. Обозначим через g отношение расхода M_T осушаемого сжатого воздуха, поступающего в теплообменник, к суммарному расходу $M_c = M_T + M_1$ сжатого воздуха всей установкой:

$$g = M_T / M_c. \quad (1)$$

Тогда относительный расход воздуха через ВТ составит $M_1 / M_c = 1 - g$, а относительный расход холодного потока, поступающего из ВТ в теплообменник, равен $M_x / M_c = \mu \cdot (1 - g)$.

Величина g может изменяться в пределах $1 \geq g \geq 0$. Если $g = 1$, то расход воздуха через ВТ равен нулю, генерации холода не происходит, и поэтому $T_1 = T_0$ (штриховая линия на рис. 1а).

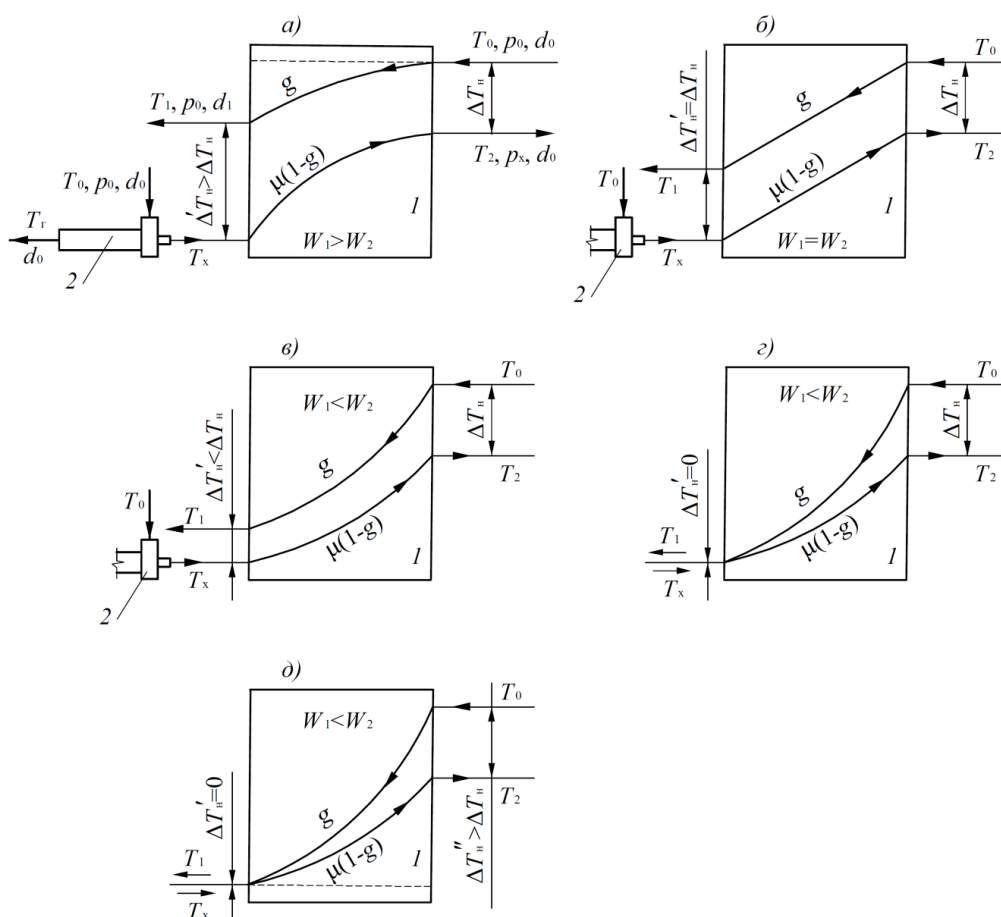


Рис. 1. Расчетная схема вихревого осушителя воздуха с параллельным соединением без регенерации: схема а – при условии $1 > g > A$; схема б – при условии $g = A$; схема в – при условии $A > g > B$; схема г – при условии $g = B = g_{\min}$; схема д – при условии $B > g > 0$; 1 – теплообменник, 2 – вихревая труба



Уменьшение расхода g вызывает снижение температуры T_1 . Если при этом условный эквивалент W_1 охлаждаемого потока больше эквивалента W_2 холодного потока, то температурный напор $\Delta T'_H = (T_1 - T_x)$ больше значения напора $\Delta T_H = (T_0 - T_2)$ (рис. 1а) [6].

При определенном значении величины расхода $g = A$, когда условные эквиваленты обоих потоков равны $W_1 = W_2$, температурные кривые трансформируются в прямые линии (рис. 1б). Отметим, что на этом режиме величина степени недогрева холодного потока в теплообменнике $\Delta T_H = \Delta T'_H$ и определяется только площадью и качеством поверхности теплообмена. При бесконечно большой величине этой площади $\Delta T_H = \Delta T'_H = 0$.

Уменьшение расхода g в области $g < A$, в которой $W_1 < W_2$, приводит к дальнейшему снижению температуры T_1 (рис. 1в), при этом $\Delta T'_H < \Delta T_H$.

При уменьшении величины относительного расхода осушаемого воздуха до значения $g = g_{\min} = B$, температура T_1 достигает минимально возможной величины $T_1 = T_x$ (рис. 1г).

На рассмотренных режимах «а», «б», «в», «г», «д» (рис. 1) используется вся холодопроизводительность $q'_x = c_p \cdot \mu \cdot (1 - g) \cdot (T_0 - T_x)$ Вт за вычетом потерь $q_H = c_p \cdot \mu \cdot (1 - g) \cdot \Delta T_H$ недогрева холодного потока воздуха в теплообменнике.

Поскольку на этих режимах, при условии использования одного и того же теплообменника, температуры T_2 одинаковы, следовательно, одинаковы и величины ΔT_H , что является характерной особенностью данных рассматриваемых режимов работы ВТ.

Уменьшение расхода в область $g < g_{\min}$ не может вызвать снижения температуры $T_1 = T_x$, поэтому, при условии постоянства температур $T_0 = \text{const}$ и $T_1 = \text{const}$, количество теплоты, отдаваемой в теплообменнике охлажденным потоком холодному потоку, уменьшается за счет снижения расхода охлаждаемого потока. Это вызывает понижение температуры T_2 нагрева холодного потока, поэтому $\Delta T''_H > \Delta T_H$ (рис. 1д). Следовательно, возникают дополнительные потери холода, пропорционально разности температур $\Delta T_d = \Delta T''_H - \Delta T_H$.

В случае $g = 0$ очевидно, $T_2 = T_x$ (штриховая линия на рис. 1д), поскольку в теплообменнике отсутствует поток – потребитель холода.

Так как расход g_{\min} обеспечивает максимальное использование холодопроизводительности ВТ, с точки зрения экономичности эта величина является минимально допустимой. Поэтому расход исходного влажного воздуха через теплообменник следует выбирать в области $g \geq g_{\min}$ (режимы «а», «б», «в», «г» на рис. 1).

Получим выражение для определения степени ΔT_H недогрева холодного потока в теплообменнике. Для этого используем уравнение теплового баланса осушителя, отнесенное к 1 кг исходного воздуха, поступающего одновременно в теплообменник и ВТ:

$$q_x = q_t + q'_\phi + q_H \quad (2)$$

и уравнение теплового баланса теплообменника

$$c_p \cdot \mu \cdot (1 - g) \cdot (T_2 - T_x) = c_p \cdot g \cdot (T_0 - T_1) + q'_\phi \quad (3)$$



В последних выражениях холодопроизводительность ВТ:

$$q'_x = c_p \cdot \mu \cdot (1 - g) \cdot (T_0 - T_x) = q_x \cdot (1 - g), \quad (4)$$

где $q_x = c_p \cdot \mu \cdot (T_0 - T_x)$ – удельная располагаемая холодопроизводительность ВТ;
теплота охлаждения сухого воздуха в теплообменнике:

$$q_T = c_p \cdot g \cdot (T_0 - T_1); \quad (5)$$

теплота недогрева охлаждающего потока:

$$q_H = c_p \cdot \mu \cdot (1 - g) \cdot \Delta T_H; \quad (6)$$

теплота фазовых превращений потока с расходом g :

$$q'_\phi = g \cdot q_\phi, \quad (7)$$

где q_ϕ определяется по методике [3].

Решая совместно уравнения (2)...(6), получим:

$$\Delta T_H = T_0 - T_2, \quad (8)$$

что для рассматриваемой схемы очевидно и подтверждает справедливость использованных уравнений.

Характерная величина расхода $g = A$, соответствующая равенству температурных напоров на входе и выходе из теплообменника, определяется следующим образом. Обозначим $\delta T_1 = T_0 - T_1$, $\delta T_2 = T_2 - T_x$, $W_1 = c_p \cdot g$, $W_2 = c_p \cdot \mu \cdot (1 - g)$, запишем уравнение (3) с учетом (7) в виде:

$$W_1 \cdot \delta T_1 + g \cdot q_\phi = W_2 \cdot \delta T_2,$$

откуда

$$\frac{\delta T_1}{\delta T_2} = \left(W_2 - \frac{g \cdot q_\phi}{\delta T_2} \right) \cdot W_1^{-1}.$$

Получаем итоговое уравнение (9):

$$\frac{\delta T_1}{\delta T_2} = \left[c_p \cdot \mu \cdot (1 - g) - \frac{g \cdot q_\phi}{\delta T_2} \right] \cdot (c_p \cdot g)^{-1}. \quad (9)$$

При условии $\delta T_1 = \delta T_2$ (рис. 1б) получим из последнего выражения:

$$g = A = \left[1 + \mu^{-1} + \frac{N_\phi}{(\bar{q}_x - \mu \cdot \Delta \tau_H)} \right]^{-1}, \quad (10)$$



где \bar{q}_x – приведенная холодопроизводительность ВТ, определяется по

$$\text{соотношению } \bar{q}_x = \frac{q_x}{c_p \cdot T_1} = \mu \cdot (1 - \theta_x), \theta_x = T_x / T_1;$$

$$N_\phi - \text{относительная теплота фазовых превращений, } N_\phi = \frac{q_\phi}{c_p \cdot T_0};$$

$$\Delta\tau_n = \Delta T_n / T_0. \quad (11)$$

Для определения величины g_{\min} , соответствующей минимально возможному охлаждению сжатого воздуха в теплообменнике при полной реализации холодопроизводительности ВТ, используем уравнение (3) теплового баланса теплообменника, записанное для условия $T_1 = T_x$:

$$c_p \cdot \mu \cdot (1 - g) \cdot (T_2 - T_x) = c_p \cdot g \cdot (T_0 - T_x) + q'_\phi. \quad (12)$$

Используя равенство $T_2 = T_0 - \Delta T_n$ и соотношения (7) и (11), получим:

$$g_{\min} = Б = \left[\frac{1 + (\bar{q}_x + \mu \cdot N_\phi)}{\mu \cdot (\bar{q}_x - \mu \cdot \Delta\tau_n)} \right]^{-1}. \quad (13)$$

Соответствующая величина g_{\min} предельная температура охлаждения исходного влажного воздуха в теплообменнике определяется из соотношения $\bar{q}_x = \mu \cdot (1 - \theta_x)$, в котором $\theta_x = T_x / T_0$ при условии $\tau_{1\min} = \theta_x$:

$$\tau_{1\min} = 1 - \frac{\bar{q}_x}{\mu}. \quad (14)$$

Если $g > g_{\min}$, то очевидно $\tau_1 > \tau_{1\min}$. Уравнение (14) позволяет определить также температуру T_x холодного потока на выходе из ВТ, поскольку $T_x / T_0 = \theta_x = \tau_{1\min}$.

Относительную температуру $\tau_2 = T_2 / T_0$ холодного потока на выходе из теплообменника при работе осушителя на режиме «г» (рис. 1) можно определить, преобразовав уравнение (12) к виду:

$$\tau_2 = \frac{[g \cdot (1 - \theta_x) + \mu \cdot (1 - g) \cdot \theta_x + N_\phi]}{\mu \cdot (1 - g)}. \quad (15)$$

Зависимость температуры τ_1 охлаждения в теплообменнике исходного влажного воздуха от величины g расхода последнего в диапазоне $1 \geq g \geq Б$ получим из совместного решения вышеуказанных уравнений и зависимостей:

$$\tau_1 = 1 - [(1 - g) \cdot \bar{q}_x - (N_n + g \cdot N_\phi)] \cdot g^{-1}, \quad (16)$$

где согласно (7):



$$g \cdot N_{\phi} = N'_{\phi} = \frac{q'_{\phi}}{c_p \cdot T_0} = \frac{g \cdot q_{\phi}}{c_p \cdot T_0}. \quad (17)$$

Величина $N_{\text{н}}$ определяется с учетом (6) и (11) выражением:

$$N_{\text{н}} = \frac{q_{\text{н}}}{c_p \cdot T_0} = \frac{c_p \cdot \mu \cdot (1 - g) \cdot \Delta T_{\text{н}}}{c_p \cdot T_0} = \mu \cdot (1 - g) \cdot \Delta \tau_{\text{н}}. \quad (18)$$

Подставляя (18) в (16), получим:

$$\tau_1 = 1 - \left[(1 - g) \cdot (\bar{q}_x - \mu \cdot \Delta \tau_{\text{н}}) - g \cdot N_{\phi} \right] \cdot g^{-1}. \quad (19)$$

Отметим, что уравнения (16) и (19) являются трансцендентными и решаются общеизвестными методами математических итераций.

В предельном случае, при использовании абсолютно сухого исходного воздуха и отсутствии потерь недогрева ($N_{\phi} = N_{\text{н}} = 0$), получим из (16) или (19) выражение для минимальной температуры охлаждения воздуха в теплообменнике:

$$\tau_1 = 1 - (1 - g) \cdot \bar{q}_x \cdot g^{-1}. \quad (20)$$

Необходимо еще раз отметить, что уравнения (16), (19) и (20) справедливы только в пределах $1 \geq g \geq g_{\min}$. Для расходов $g < g_{\min}$ решения указанных уравнений дают значения $\tau_1 < \theta_x$, что лишено какого-либо физического смысла, т.к. температура охлаждения влажного воздуха в теплообменнике не может быть ниже температуры T_x холодного воздуха, поступающего в теплообменник из ВТ.

Поэтому необходимо по заданным параметрам T_0 , p_0 , π , μ , \bar{q}_x , d_0 и $\Delta T_{\text{н}}$ предварительно определить из уравнения (13) с учетом (14) величину g_{\min} , и при расчете температуры τ_1 использовались в уравнениях (16) и (19) только те значения g , которые лежат в диапазоне $1 \geq g \geq g_{\min}$. Указанный диапазон можно увеличить за счет уменьшения величины g_{\min} путем соответствующего изменения перечисленных выше исходных данных [7].

В случае $g = 0$ величина $\tau_1 = \infty$, что означает разрыв трансцендентной функции $\tau_1 = f(g)$.

В характерных точках рабочего диапазона расходов g величина τ_1 имеет следующие значения.

Для $g = A$ (определяется уравнением (10)) температура $\tau_1 = \theta_x + \Delta \tau_{\text{н}}$, т.е. величина T_1 превышает температуру T_x холодного воздуха на величину $\Delta T_{\text{н}}$ степени недогрева холодного потока в теплообменнике. Для теплообменника с большой площадью теплообмена $\Delta \tau_{\text{н}} = 0$ и $\tau_1 = \theta_x$, т.е. $T_1 = T_x$.

Для $g = g_{\min} = B$ (определяется уравнением (13)) соответствующая величина $\tau_1 = \tau_{1\min}$ находится из уравнения (14), причем $T_1 = T_x$.



Используя условие $\tau_1 < 1$ охлаждения сжатого воздуха в теплообменнике, получим из (16) с учетом (17):

$$N = N_n + N'_\phi < (1 - g) \cdot \bar{q}_x. \quad (21)$$

Последнее неравенство накладывает ограничения на предельно возможную величину N полной нагрузки осушителя при заданных расходе g и располагаемой теплопроизводительности \bar{q}_x ВТ.

Из (19) можно определить величину g в зависимости от температуры τ_1 охлаждения осушаемого воздуха:

$$g = (\bar{q}_x - \mu \cdot \Delta\tau_n) \cdot (1 + N_\phi + \bar{q}_x - \mu \cdot \Delta\tau_n - \tau_1)^{-1}. \quad (22)$$

Очевидно, что при прочих равных условиях, снижение температуры вызывает уменьшение расхода g осушаемого воздуха.

Необходимо иметь ввиду, что уравнение (22) справедливо только в диапазоне температур:

$$\theta_x + \Delta\tau_n \leq \tau_1 \leq 1 + N_\phi. \quad (23)$$

Для предельной холодопроизводительности ($\Delta\tau_n = N_\phi = 0$) получим:

$$\theta_x \leq \tau_1 \leq 1. \quad (24)$$

Использование в уравнении (22) значений $\tau_1 < \theta_x$ не имеет физического смысла, поскольку всегда $T_1 \geq T_x$.

В качестве вывода авторы отмечают, что разработанная методика тепловлажностного расчета воздухоосушителей для схем с параллельным соединением генератора холода (ВТ) и теплообменника является универсальной и может быть использована для регенеративных охладителей. Достоинством рассмотренного в статье осушителя является возможность использования его для любых расходов осушаемого воздуха в различных системах кондиционирования воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мартынов, А. В. Что такое вихревая труба? / А. В. Мартынов, В. М. Бродянский. – Москва : Энергия, 1976. – 152 с. – Текст : непосредственный.
2. 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.
3. Меркулов, А. П. Вихревой эффект и его применение в технике / А. П. Меркулов. – Москва : Машиностроение, 1969. – 183 с. – Текст : непосредственный.
4. Вихревые аппараты / А. Д. Суслов, С. В. Иванов, А. В. Мурашкин, Ю. В. Чижиков. – Москва : Машиностроение, 1985. – 256 с. – Текст : непосредственный.
5. Бодров, М. В. Теоретическое обоснование и разработка экологически чистых вихревых воздухоосушителей / М. В. Бодров, А. Н. Пылаев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 1. – С. 55–60.



6. Дыскин, Л. М. К расчету вихревых термостатов / Л. М. Дыскин. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведения. Энергетика. – 1985. – № 10. – С. 101–104.

7. Ривкин, С. Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара / С. Л. Ривкин, А. А. Александров. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 80 с. – Текст : непосредственный.

BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heating and ventilation; GRIMALOVSKAYA Irina Pavlovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heating and ventilation; MOROZOV Maksim Sergeevich, senior teacher of the chair of heating and ventilation; PYLAEV Aleksandr Nikolaevich, postgraduate student of the chair of heating and ventilation

THERMODYNAMIC JUSTIFICATION OF THE USE OF VORTEX TUBES IN SYSTEMS AIR CONDITIONING

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-92; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: tes84@mail.ru

Key words: vortex tube, air drying, cooling capacity, moisture content, air conditioning.

A mathematical model of the air drying process has been developed for a scheme with parallel connection of a vortex tube and a heat exchanger. The obtained calculation equations for determining the basic thermodynamic parameters of a vortex tube can be used in the design of dehumidifiers and regenerative refrigeration units of air conditioning systems.

REFERENCES

1. Martynov A. V., Brodyanskiy V. M. Chto takoe vikhrevaya truba? [What is a vortex tube?]. Moscow, Energiya, 1976, 152 p.
2. Bodrov M. V., Pylaev A. V. Primenenie vikhrevykh trub dlya okhlazhdeniya nasypnogo rastitelnogo syrya [The use of vortex tubes for cooling a mound of juicy vegetable raw materials]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal], 2023, № 4, P. 107-113.
3. Merkulov A. P. Vikhrevoy effekt i ego primeneniye v tekhnike [Vortex effect and its application in engineering]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1969, 183 p.
4. Suslov A. D., Ivanov S. V., Murashkin A. V., Chizhikov Yu. V. Vikhrevyye apparaty [Vortex apparatuses]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1985, 256 p.
5. Bodrov M. V., Pylaev A. V. Teoreticheskoye obosnovaniye i razrabotka ekologicheskikh chistykh vikhrevykh vozduhoosushiteley [Theoretical justification and development of environmentally friendly vortex dehumidifiers]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2024, № 1, P. 55-60.
6. Dyskin L. M. K raschetu vikhrevykh termostatov [To the calculation of vortex thermostats]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniya. Energetika [News of higher educational institutions. Energetika]. 1985, № 10, P. 101-104.
7. Rivkin S. L., Aleksandrov A. A. Termodinamicheskiye svoystva vody i vodyanogo para [Thermodynamic properties of water and steam]. Moscow, Energoatomizdat, 1984, 80 p.

© М. В. Бодров, И. П. Грималовская, М. С. Морозов, А. Н. Пылаев, 2025

Получено: 16.01.2025 г.



УДК 697.7

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

ИСПЫТАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-85; факс: (831) 430-19-36; эл. почта: tes84@inbox.ru

Ключевые слова: водяное отопление, теплофизика, энергосбережение, энергоэффективность, лучистое отопление, инфракрасное излучение, излучающий профиль.

Приведены результаты исследований и испытаний излучающих профилей Flower 125 и Flower 225, применяемых в низкотемпературных системах лучистого отопления с промежуточным теплоносителем. Представлена уточненная методика определения фактической теплоотдачи одного погонного метра излучателя.

В настоящее время в связи с тенденцией повышения потребления энергетических ресурсов вопрос об энергосбережении в нашей стране становится более актуальным и своевременным [1]. Множество исследований в области теплоэнергетики предлагают различные способы снижения эксплуатационных издержек. Одними из самых эффективных мероприятий являются применение систем инфракрасного отопления, которые в свою очередь различаются по источнику теплоты: электрические, газовые и системы с промежуточным теплоносителем. Согласно нормативной литературы, например СП 60.13330.2020, снижение потребления тепловой энергии осуществляется за счет повышения средней радиационной температуры в обслуживаемом помещении, что позволяет снизить внутреннюю температуру воздуха до 4 °С по сравнению с расчетными значениями без снижения уровня теплового комфорта. Авторы отмечают, что до настоящего времени системы отопления нельзя считать достаточно изученными, а методики их проектирования – достаточно апробированными на практике.

Наиболее эффективными считаются инфракрасные излучатели на газовом топливе [2, 3]. В этом типе лучистого отопления отсутствует промежуточный теплоноситель (вода, водный раствор, пар), теплота передается за счет инфракрасного излучения напрямую от греющего элемента нагреваемого продуктами сгорания природного газа в отапливаемое помещение. Применение систем газового лучистого отопления ограничивается:

- пожароопасностью системы, т.к. температура поверхности греющего элемента (излучателя) составляет 800...1200 °С для «светлых» излучателей и 450 °С для «темных»;
- большой мощностью газовых излучателей, которые обладают высокой плотностью теплового потока, что может привести к нарушению второго условия комфортности [4];

- большими капитальными затратами по подключению газа к проектируемому объекту;
- несовершенством конструкции, т.к. «светлые» газовые излучатели выбрасывают продукты сгорания в объем помещения, что требует большей производительности системы вентиляции для обеспечения минимальных санитарно-гигиенических требований к воздуху рабочей зоны.

Система лучистого отопления, которая обладает меньшим количеством ограничений в применении, является система с промежуточным теплоносителем: вода, перегретая вода, водные растворы этилен- и пропиленгликоля и др. В качестве греющего элемента в системах водяного инфракрасного отопления применяются излучающие профили различной длины и геометрической формы поперечного сечения.

Исследование теплотехнических характеристик водяных инфракрасных излучателей проводились авторами в лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ», на базе ФГБОУ ВО ННГАСУ. Лаборатория оснащена рядом уникальных научных и контрольно-измерительных приборов, необходимых для изучения всех необходимых параметров (температуры внутреннего воздуха; температуры, давления и расхода теплоносителя; теплового потока инфракрасного излучателя; температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций) [5].

Исследуемые профили изготавливаются из анодированного сплава алюминия AlMgSi0.5, благодаря этому профили имеют высокое сопротивление коррозии, высокую прочность и способны выдерживать высокие температуры теплоносителя.

Общий вид излучающих профилей *Flower 125* и *Flower 225*, предоставленных промышленным партнером НННГАСУ ООО «Флайг+Хоммель», приведен авторами на рис. 1.

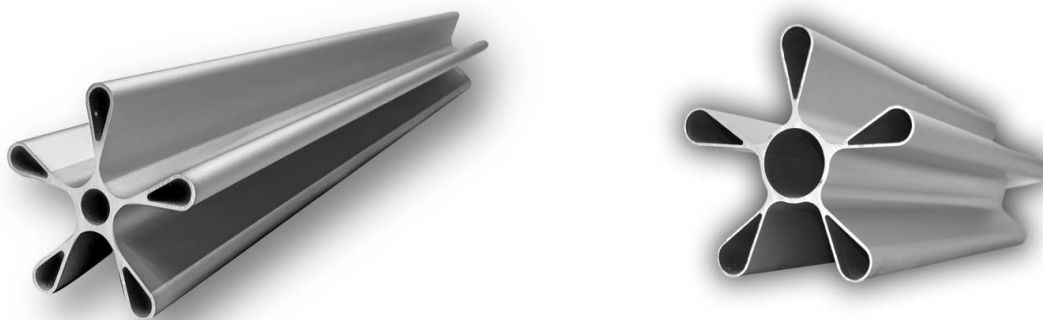


Рис. 1. Общий вид излучающих профилей *Flower 125* (слева) и *Flower 225* (справа)

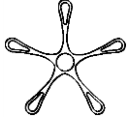
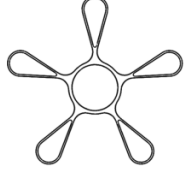
Основные физические и технические характеристики инфракрасных излучающих профилей *Flower 125* и *Flower 225* приведены в табл. 1.

Основной задачей проводимых авторами в 2022...2024 гг. исследований было получение данных о теплотехнических свойствах изучаемых профилей, в т.ч. определение фактической теплоотдачи 1 п.м инфракрасного излучателя при

отличных от нормальных условий температурного напора ΔT и массового расхода $M_{\text{изл}}$, используемых в дальнейшем при разработке инженерных методик проектирования энергоэффективных систем отопления объектов различного назначения.

Таблица 1

**Основные физические и технические характеристики излучающих профилей
Flower 125 и Flower 225**

Характеристики	Ед. изм.	Марка излучателя	
		Flower 125	Flower 225
Профиль	-		
Материал	-	AlMgSi0,5	AlMgSi0,5
Размеры	мм	125x125	225x225
Удельная площадь	м ² /п.м	0,603	1,07
Удельная ёмкость	л/п.м	0,28	2,5
Удельная масса профиля	кг/п.м	3,6	8,6
Удельная масса профиля с водой	кг/п.м	3,98	11,1
Подключение	дюйм	1/2	2
Максимальное рабочее давление (испытательное давление)	бар	6,5 (10)	6,5 (10)
Максимальная рабочая температура теплоносителя	°C	150	150

В Российской Федерации водяные отопительные приборы проходят теплотехнические испытания согласно ГОСТ Р 53583-2009. Испытания направлены на определение теплового потока водяного инфракрасного излучателя в зависимости от температурного напора и массового расхода теплоносителя.

Для определения этой зависимости необходимо вычислить значения показателей n и m уравнения:

$$Q = Q_{\text{н.у.}} \cdot \left(\frac{\Delta T}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{M_{\text{изл}}}{360} \right)^m = Q_{\text{н.у.}} \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2, \quad (1)$$



где: $Q_{\text{ну}}$ – номинальный тепловой поток инфракрасного излучателя при нормальных условиях, Вт;

ΔT – фактический температурный напор, °C;

70 – номинальный температурный напор, °C;

$M_{\text{изл}}$ – фактический массовый расход теплоносителя через инфракрасный излучатель, кг/ч;

360 – номинальный массовый расход теплоносителя через инфракрасный излучатель, кг/ч;

φ_1 – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий изменение теплового потока от температурного напора (табл. 2);

φ_2 – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий изменение теплового потока от массового расхода (табл. 3).

В ходе математических преобразований были получены эмпирические показатели степени n и m при отличных значениях температурного напора и массового расхода от нормальных и приведены в табл. 4.

Таблица 2

Значение поправочного коэффициента φ_1

ΔT , °C	Flower 125	Flower 225	ΔT , °C	Flower 125	Flower 225
40	0,504	0,501	66	0,930	0,930
42	0,535	0,532	68	0,965	0,965
44	0,566	0,564	70	1,000	1,000
46	0,598	0,595	72	1,035	1,035
48	0,630	0,628	74	1,070	1,071
50	0,662	0,660	76	1,106	1,107
52	0,695	0,693	78	1,142	1,143
54	0,728	0,726	80	1,178	1,179
56	0,761	0,759	82	1,214	1,216
58	0,794	0,793	84	1,250	1,253
60	0,828	0,827	86	1,287	1,289
62	0,862	0,861	88	1,324	1,327
64	0,896	0,895	90	1,361	1,364



Таблица 3

Значение поправочного коэффициента φ_2

$M_{пр}$, кг/ч	Flower 125	Flower 225	$M_{пр}$, кг/ч	Flower 125	Flower 225
18	0,887	0,861	198	0,976	0,971
36	0,912	0,891	216	0,980	0,975
54	0,927	0,910	234	0,983	0,979
72	0,938	0,923	252	0,986	0,982
90	0,946	0,933	270	0,989	0,986
108	0,953	0,942	288	0,991	0,989
126	0,959	0,949	306	0,994	0,992
144	0,964	0,955	324	0,996	0,995
162	0,969	0,961	342	0,998	0,997
180	0,973	0,966	360	1,000	1,000

Таблица 4

Показания эмпирических степенных коэффициентов n и m

Профиль	$Q_{ну}$, Вт/п.м.	n	m
Flower 125	440	0,225	0,04
Flower 225	582	0,235	0,05

В результате проведенных авторами исследований в лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ», были получены достоверные значения коэффициентов φ_1 , φ_2 , n и m , позволяющие определять фактическую теплоотдачу 1 п.м инфракрасного излучателя при отличных от нормальных условий температурного напора ΔT и массового расхода $M_{изл}$. Проведенные исследования позволяют с достаточной точностью проводить комплексы инженерных расчетов по созданию лучистых систем отопления с промежуточным теплоносителем.

В заключение авторы отмечают, что применение лучистых систем отопления с промежуточным теплоносителем имеет широкие перспективы применения на производственных объектах, особенно связанных с сельским хозяйством. Например, лучистый обогрев поверхностей помещений содержания крупного рогатого скота позволяет значительно повысить комфортность микроклимата в зоне кормления и отдыха животных, что заметно повышает экономические показатели рентабельности производства мясо-молочной продукции. Также радиационный подогрев подстилок и поверхностей тела животных снижает процент заболеваемости и падежа молодняка и сокращает сроки откорма бычков-производителей и мясного поголовья скота до расчетных показателей.

В дальнейшем, авторами будут проведены исследования возможности применения излучающих профилей *Flower 125* и *Flower 225* в качестве систем охлаждения воздуха в теплый период года, что позволит применять данные



устройства в системах обеспечения параметров микроклимата в круглогодичном цикле эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование теплотехнических характеристик водяных инфракрасных излучателей для энергоэффективных систем лучистого отопления / М. В. Бодров, Д. А. Кузнецов, А. А. Смыков, А. Е. Руин. – Текст : непосредственный // Академия. Архитектура и строительство. – 2023. – № 2. – С. 160–167.
2. Родин, А. К. Газовое лучистое отопление / А. К. Родин. – Ленинград : Недра, 1987. – 191 с. – Текст : непосредственный.
3. Брюханов, О. Н. Радиационный газовый нагрев / О. Н. Брюханов, Э. В. Крайний, Б. С. Матрюков. – Ленинград : Недра, 1989. – 296 с. – ISBN 5-247-00516-3.
4. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – Москва : Высшая школа, 1982. – 415 с. – Текст : непосредственный.
5. Смыков, А. А. Испытания лабораторной модели лучистой системы отопления на базе водяных инфракрасных излучателей / М. В. Бодров, А. А. Смыков. – Текст : непосредственный // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2023. – № 3. – С. 40–41.

BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heating and ventilation; RUIN Aleksey Evgenevich, assistant of the chair of heating and ventilation; SMYKOV Aleksandr Anatolevich, candidate of technical sciences, senior teacher of the chair of heating and ventilation

TESTING OF INFRARED RADIATORS OF RADIANT HEATING SYSTEMS WITH INTERMEDIATE HEAT CARRIER

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-92; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: tes84@inbox.ru

Key words: water heating, thermophysics, energy saving, energy efficiency, radiant heating, infrared radiation, radiant profile.

The results of research and testing of the radiating profiles Flower 125 and Flower 225 used in low-temperature radiant heating systems with an intermediate coolant are presented. An updated methodology for determining the actual heat transfer of one linear meter of the radiator is presented.

REFERENCES

1. Bodrov M. V., Kuznetsov D. A., Smykov A. A., Ruin A. E. Issledovanie teploekhnicheskikh kharakteristik vodyanykh infrakrasnykh izluchateley dlya energoeffektivnykh sistem luchistogo otopleniya [Investigation of thermal engineering characteristics of water infrared radiators for energy-efficient radiant heating systems]. Akademiya. Arhitektura i stroitelstvo [Academy. Architecture and Construction]. 2023, № 2, P. 160-167.
2. Rodin A. K. Gazovoe luchistoe otoplenie [Gas radiant heating]. Leningrad, Nedra, 1987, 191 p.



3. Bryukhanov O. N., Krayniy E. V., Mastryukov B. S. Radiatsionny gazovy nagrev [Radiation gas heating]. Leningrad, Nedra, 1989, 296 p.
4. Bogoslovskiy V. N. Stroitel'naya teplofizika [Construction thermophysics]. Moscow, Vysshaya shkola, 1982, 415 p.
5. Smykov A. A., Bodrov M. V. Ispytaniya laboratornoy modeli luchistoy sistemy otopleniya na baze vodyanykh infrakrasnykh izluchateley [Tests of a laboratory model of a radiant heating system based on water infrared radiators]. Santekhnika, Otoplenie, Konditsionirovanie [Plumbing, Heating, Air conditioning]. 2023, № 3, P. 40-41.

© М. В. Бодров, А. Е. Руин, А. А. Смыков, 2025

Получено: 16.01.2025 г.



УДК 628.316:677.024

А. Л. ВАСИЛЬЕВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; **Е. В. ВОРОБЬЕВА**, ст. преп. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОЗОНИРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ТКАЦКИХ ФАБРИК

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

Ключевые слова: сточные воды, органические вещества, озонирование, озono-воздушная смесь, время контакта озона с водой, пенообразование, доза озона, концентрация озона.

Проведено исследование по определению параметров озонирования модельного раствора высококонцентрированных сточных вод ткацкой фабрики. В ходе выполнения работы на исследуемой воде поставлены четыре серии экспериментов. Выявлен наилучший режим процесса озонирования модельного раствора сточных вод: доза озона 100-110 мг/л, время контакта озона с водой 20 мин, концентрация озона в озono-воздушной смеси 30-32 мг/л. Сделан вывод о том, что процесс озонирования может быть включен в технологическую схему очистки промышленного стока текстильных предприятий, в комплексе с другими методами очистки.

Успешное решение проблемы рационального использования и охраны природных ресурсов, перехода экономики к экологически безопасному развитию в значительной степени определяется технологической и экономической эффективностью производственных процессов, масштабами использования малоотходных и безотходных технологических циклов, оборотных и замкнутых систем водопользования [1]. В тех случаях, когда образование промышленных стоков, представляющих опасность для поверхностных и подземных вод, является неизбежным фактом, важно использовать для их обезвреживания наиболее эффективные методы и средства, исключающие загрязнение окружающей среды.

На ткацких фабриках в основе комплексной технологии производства тканей из натуральных и синтетических волокон важная роль принадлежит текстильной химии. Химические компоненты используют на различных стадиях производственного процесса: отбеливании, расклихтовке, отварке, крашении, заключительной отделке. Проблемой для предприятий текстильной промышленности является загрязнения сточных вод различными органическими веществами, а также ионами тяжелых металлов [2].

Озонирование сточных вод – это перспективный метод очистки, являющийся универсальным и позволяющий эффективно очищать сточные воды от самых разных видов загрязнений. Благодаря высокой окислительной способности, озон применяется как для обеззараживания, так и для деструкции трудно-окисляемых органических загрязнений. Этот тип загрязнений представлен в сточных водах многочисленными классами красителей, поверхностно-активных веществ, пестицидов и др. Кроме этого озонирование эффективно для окисления



многих неорганических соединений, таких как цианиды, хроматы и др. Озон один среди множества других окислителей способен воздействовать на окрашенные молекулы и коллоиды. Дополнительным эффектом озонирования воды является ее обогащение растворенным кислородом. Озон можно получать непосредственно на очистных сооружениях, сырьем служит атмосферный воздух. В процессе обработки сточных вод озон, подаваемый в камеру реакции в виде озono-воздушной смеси, вступает в сложный многостадийный процесс физико-химических взаимодействий с водой и содержащимися в ней загрязнениями. Расход озона на окисление загрязняющих сточные воды веществ зависит от многих факторов: pH водной среды, температуры, концентрации загрязнений, способа смешения и продолжительности контакта озono-воздушной смеси с водой [3,4].

Авторами проведено исследование по определению параметров озонирования модельного раствора высококонцентрированных сточных вод ткацкой фабрики (сточные воды после физико-химической очистки).

Объектом исследования являлся модельный раствор промышленного стока, теоретически образующегося на текстильном предприятии. Исходный модельный раствор промышленного стока на первом этапе подвергался процессам физико-химической очистки (коагулирование с последующим отстаиванием). Основные показатели качества исходной сточной воды после проведения процесса физико-химической очистки, представлены в табл. 1. Данная сточная вода считалась исходной для проведения серии опытов по определению параметров озонирования.

Таблица 1

Основные показатели качества исходной сточной воды, представленной для исследования

№ п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
1.	Цветность	град	351 ± 70
2.	Железо общее	мг/дм ³	$0,39 \pm 0,04$
3.	ХПК	мг/дм ³	1151 ± 173
4.	Фосфор	мг/дм ³	$0,10 \pm 0,03$
5.	Фосфаты	мг/дм ³	$1,2 \pm 0,2$
6.	Хлориды	мг/дм ³	$550,0 \pm 55,0$
7.	Нитриты	мг/дм ³	$<0,2$
8.	Сульфаты	мг/дм ³	$80,8 \pm 8,1$
9.	Нитраты	мг/дм ³	$25,7 \pm 2,6$
10.	Медь	мг/дм ³	$< 0,001$
11.	Железо	мг/дм ³	$0,07 \pm 0,02$
12.	Марганец	мг/дм ³	$<0,001$
13.	Сухой остаток	мг/дм ³	2330 ± 210
14.	Взвешенные вещества	мг/дм ³	500 ± 50

Исходная сточная вода подвергалась процессу озонирования. Фотография лабораторной установки представлена на рис. 1.

Установка включает в себя компрессор, пылевой фильтр, систему осушки воздуха – адсорберы, генератор озона, контактную камеру озонирования, измеритель концентрации озона в воде ИКО-1. В качестве лабораторной

контактной камеры озонирования, использовался герметичный цилиндрический резервуар из органического стекла – колонна объемом 4,0 л.

На первом этапе выполнения работы на исследуемой воде было поставлено три серии экспериментов.

Первая серия экспериментов включала в себя пять опытов, различающиеся различными параметрами режима озонирования. Данные исследований и показатели процесса озонирования первой серии экспериментов представлены в табл. 2.

В результате первой серии экспериментов в процессе различных режимов озонирования наблюдалось интенсивное пенообразование, превышающее 5-кратный объем анализируемой воды в лабораторной контактной колонне (см. рис. 2, 3). Пенообразование мешало проведению работ по определению параметров озонирования анализируемой сточной воды. Было принято решение устранить пенообразование, применив «Агент антивспенивающий antifoam 139/282», из расчета 1 гр. на 0,5 л сточной воды.

Авторами были исследованы два способа добавления пеногасителя в обрабатываемую сточную жидкость. Первый способ – предварительно растворять пеногаситель в небольшом объеме горячей воды, с последующим добавлением в исходную сточную воду. Но, данный способ показал худшую эффективность, так как пенообразование значительно уменьшилось, но объем расширения остался примерно в 1,5 – 2 раза. Второй способ – это добавление пеногасителя сразу в исходную сточную жидкость, с последующим интенсивным перемешиванием. При этом наблюдалось полное прекращение пенообразования.



Рис. 1. Лабораторная установка озонирования



Рис. 2. Исходный объем сточной воды (0,5 л) в контактной колонне перед процессом озонирования



Рис. 3. Увеличенный объем сточной воды в контактной колонне в процессе режима озонирования. Интенсивное пенообразование



Таблица 2

Результаты первой серии экспериментов

№ п/п	Режим озонирования (исходная сточная вода)							Показатели качества воды после процесса озонирования		
	Концентрация озона в ОВС, мг/л	Расход воздуха, л/ч	Объем обрабатываемой воды, л	Концентрация озона на выходе, мг/л	Время контакта, мин	Доза озона, мг/л	Пенообразование	ХПК, мгО/л	Цветность, град	рН, ед. рН
1.	16-17	50,4	2	0	11,5	81	+	878 ± 132	н/д	н/д
2.	24-26	37,8	0,5	1	3,5	104	+	1135 ± 170	н/д	н/д
3.	24-26	12,6	0,5	1	10	107	+	1028 ± 154	н/д	н/д
4.	30-32	12,6	0,5	0	5,5	73	+	1100 ± 165	н/д	н/д
5.	32-33	25,2	0,5	9	16	326	+	991 ± 149	54,7 ± 10,9	3,7 ± 0,2

Вторая серия экспериментов авторами проведена на исходной сточной воде, с добавлением пеногасителя, из расчета 1 гр. на 0,5 л сточной воды. Данные исследований и показатели после процесса озонирования второй серии экспериментов представлены в табл. 3.

Окончательно для подтверждения эффективности процесса озонирования анализируемой сточной воды была проведена третья серия экспериментов. Использовалась исходная сточная вода, с добавлением пеногасителя, из расчета 1 гр. на 0,5 л сточной воды. Данные исследований и показатели после процесса озонирования третьей серии экспериментов представлены в табл. 4.



Таблица 3

Результаты второй серии экспериментов

№ п/п	Режим озонирования (исходная сточная вода с добавлением пеногасителя)							Показатели качества воды после процесса озонирования
	Концентрация озона в ОВС, мг/л	Расход воздуха, л/ч	Объем обрабатываемой воды, л	Концентрация озона на выходе, мг/л	Время контакта, мин	Доза озона, мг/л	Пенообразование	ХПК, мгО/л
6.	28-30	25,2	0,75	12	16,5	166	-	826 ± 124
7-8.	33-34	25,2	1,5	13	20	110	-	854 ± 128
9.	30-31	37,8	1,5	15	15,5	98	-	911 ± 137

Таблица 4

Результаты третьей серии экспериментов

№ п/п	Режим озонирования (исходная сточная вода с добавлением пеногасителя)							Показатели качества воды после процесса озонирования
	Концентрация озона в ОВС, мг/л	Расход воздуха, л/ч	Объем обрабатываемой воды, л	Концентрация озона на выходе, мг/л	Время контакта, мин	Доза озона, мг/л	Пенообразование	ХПК, мгО/л
10а.	33-35	25,2	1,65	14	20	100	-	854 ± 128
10б.	33-34	25,2	1,5	16	19	99	-	854 ± 128

В связи с повышенным вниманием со стороны государства к экологической ситуации в стране на промышленных предприятиях стоит задача по внедрению замкнутых водооборотных систем. В заключении авторами был проведен второй



этап выполнения работы, включающий четвертую серия экспериментов на сточной воде, которая имитирует оборотную систему водоснабжения на промышленном предприятии. Исходная сточная вода, для проведения четвертой серии экспериментов, получена в результате имитации технологического процесса: очистка сточных вод после производства продукции – повторное использование данной воды в производственном цикле – возврат на очистку. Исходной сток имел ХПК = 3554 ± 300 мг/дм³. В исходную воду для четвертой серии экспериментов был добавлен пеногаситель, из расчета 1 гр. на 0,5 л сточной воды, и она подвергалась процессу озонирования. Данные исследований и показатели после процесса озонирования четвертой серии экспериментов представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты четвертой серии экспериментов

№ п/п	Режим озонирования (исходная сточная вода с добавлением пеногасителя)							Показатели качества воды после процесса озонирования
	Концентрация озона в ОВС, мг/л	Расход воздуха, л/ч	Объем обрабатываемой воды, л	Концентрация озона на выходе, мг/л	Время контакта, мин	Доза озона, мг/л	Пенообразование	ХПК, мгО/л
11.	29-30	25,2	1,20	8	17	123	-	2421 ± 363

В результате проведенных серий экспериментов выявлен наилучший режим процесса озонирования модельного раствора сточных вод, приготовленных для исследования. Наилучший режим озонирования имеет следующие параметры: доза озона 100-110 мг/л, время контакта озона с водой 20 мин, концентрация озона в ОВС 30-32 мг/л. Данный режим может быть рекомендован только для сточной воды, которая соответствует по показателям, представленной для исследований.

Процесс озонирования может быть включен в технологическую схему очистки промышленного стока текстильных предприятий, в комплексе с другими методами. Рекомендуется сточную воду после процесса озонирования подвергать фильтрованию через слой загрузки из активированного угля, для удаления продуктов озонлиза, а также для увеличения глубины окисления и очистки сточных вод.

Эффективность технологии в целом зависит не только от режима озонирования, но и от других этапов очистки сточных вод. При выборе технологического оборудования процесса озонирования, предлагаем рассмотреть отечественное оборудование, выпускаемое ООО «Курганхиммаш».



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экологическая доктрина Российской Федерации : распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р. – URL: <http://government.ru/docs/all/43014/> (дата обращения: 23.11.2024). – Текст : электронный.
2. Технологии очистки сточных вод текстильных производств для снижения поступления токсикантов в природные поверхностные воды / С. Л. Белопухов, М. А. Яшин, В. И. Слюсарев, Е. Э. Нефедьева, И. Г. Шайхиев. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2015. – Том 18, № 5. – С. 199–204.
3. Васильев, А. Л. Исследование метода деструктивной очистки сточных вод предприятий текстильной промышленности / А. Л. Васильев, А. С. Тарасов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 4. – С. 120–130.
4. Орлов, В. А. Озонирование воды / В. А. Орлов. – Москва : Стройиздат, 1984. – 88 с. – Текст : непосредственный.
5. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий : санитарные правила и нормы : утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 3 : [редакция от 15.11.2024]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 02.02.2024). – Текст : электронный.

**VASILEV Aleksey Lvovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, wastewater disposal, engineering ecology and chemistry;
VOROBIEVA Ekaterina Vladimirovna, senior teacher of the chair of water supply, wastewater disposal, engineering ecology and chemistry**

ON THE PROSPECTS OF USING THE OZONATION METHOD IN THE TREATMENT OF HIGHLY CONCENTRATED WASTEWATER FROM WEAVING FACTORIES

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

Key words: wastewater, organic substances, ozonation, ozone-air mixture, time of contact of ozone with water, foaming, ozone dose, ozone concentration.

A study was conducted to determine the parameters of ozonation of a model solution of highly concentrated wastewater from a weaving factory. Four series of experiments were carried out on the water studied. The best mode of the ozonation process of a model wastewater solution has been identified: an ozone dose of 100-110 mg/l, an ozone-water contact time of 20 minutes, an ozone concentration in an ozone-air mixture of 30-32 mg/l. It is concluded that the ozonation process can be included in the technological scheme of industrial wastewater treatment of textile enterprises, in combination with other purification methods.



REFERENCES

1. Ekologicheskaya doktrina Rossiyskoy Federatsii : rasporyazhenie Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 31 avgusta 2002 g. № 1225-r. [Ecological Doctrine of the Russian Federation : Order of the Government of the Russian Federation No. 1225-r of 31 August 2002]. URL: <http://government.ru/docs/all/43014/> (accessed: 11.23.2024).
2. Belopukhov S. L., Yashin M. A., Slyusarev V. I., Nefedieva E. E., Shaikhiev I. G. Tekhnologii ochistki stochnykh vod tekstilnykh proizvodstv dlya snizheniya postupleniya toksikantov v prirodnye poverkhnostnye vody [Technologies for wastewater treatment of textile industries to reduce the intake of toxicants into natural surface waters] Vestnik tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Technological University]. 2015, № 5, Vol.18, P. 199-204.
3. Vasiliev A. L., Tarasov A. S. Issledovanie metoda destruktivnoy ochistki stochnykh vod predpriyatiy tekstilnoy promyshlennosti [Investigation of the method of destructive wastewater treatment of textile industry enterprises] Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2023, №. 4, P. 120-130.
4. Orlov V. A. Ozonirovanie vody [Ozonation of water]. Moscow, Stroyizdat, 1984, 88 p.
5. SanPIN 2.1.3684-21. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territoriy gorodskikh i selskikh poseleniy, k vodnym obektam, pitevoy vode i pitevomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozdukhу, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshcheniy, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy : sanitarnye pravila i normy : utverzhden postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28.01.2021 № 3 [Sanitary rules and norms 2.1.3684-21 "Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soil, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures". No. 3 of 01.28.2021] : [redaktsiya ot 15.11.2024]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (accessed: 02.02.2024).

© А. Л. Васильев, Е. В. Воробьева, 2025

Получено: 10.01.2025 г.



УДК 628.336.6

С. В. БОЛДИН, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения;
Н. Т. ПУЗИКОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 433-45-35; эл. почта: pnt32@mail.ru

Ключевые слова: биогаз, генераторный газ, низшая теплота сгорания.

В статье предложен анализ возможности увеличения калорийности биогаза для последующего использования в нетрадиционной энергетике. Для выявления оптимальных режимов генерации необходимо провести серии испытаний с анализом калорийности газа.

С удорожанием традиционных видов топлива – природного газа, нефти и др. все большее внимание привлекают нетрадиционные источники энергии: солнечное излучение, морские приливы и многое другое.

Одним из забытых видов сырья является и биогаз, использовавшийся еще в Древнем Китае и вновь открытый в наше время.

Биогаз – это газообразный продукт, получаемый в результате анаэробной, т.е. происходящей без доступа воздуха, ферментации органических веществ самого различного происхождения. Теплотворная способность биогаза 22–24 МДж/м³. Один кубометр биогаза эквивалентен 0,6 м³ природного газа, 0,7 л мазута, 0,4 бензина, 3,5 кг дров.

Биометаногенез европейцами был открыт еще в 1776 г., Вольтой, который установил наличие метана в болотном газе. Биогаз, получающийся в ходе этого процесса, представляет собой смесь из метана – 65%, углекислого газа – 30%, сероводорода – 1% и незначительных количеств азота, кислорода, водорода и окиси углерода.

Первые сведения о практическом использовании биогаза, полученного европейцами из сельскохозяйственных отходов, относятся к 1814 году. Для сбора отходов, начиная с 1881 года, стали использоваться закрытые емкости, которые, после небольшой модификации, получили название «септик». Еще в 1895 году уличные фонари в одном из районов города Эксетер (Англия) снабжались газом, который получали в результате брожения сточных вод.

В настоящее время в странах Европейского Союза принята программа по использованию нетрадиционных видов топлива и доведения их до 20% от общего объема топлива.

В этих странах, в среднем, вклад биомассы в энергетический баланс составляет около 3%, но с широкими вариациями: в Австрии – 12%, в Швеции – 18%, в Финляндии – 23%.

Ведущее место в мире по производству биогаза занимает Китай. КНР обеспечивает 30 % национальных потребностей в энергии за счет биогаза, там работает более 20 млн. установок по его производству. Второе место в мире занимает Индия, где ежедневное производство биогаза составляет 2,5–3,0 млн. м³.



В России этому виду энергии уделяется мало внимания, хотя возможности есть большие.

В нетрадиционной энергетике особое место занимает переработка биомассы (органических, сельскохозяйственных и бытовых отходов метановым брожением с получением биогаза). Биомассу можно разделить на следующие группы:

- 1) отходы лесоматериалов (обрезки и опилки от переработки древесины);
- 2) энергетические сельскохозяйственные культуры;
- 3) твердые городские отходы;
- 4) сточные воды.

В ННГАСУ разработан газогенератор, позволяющий получать газ из древесных отходов [1]. Получены экспериментальные данные зависимости низшей теплоты сгорания биогаза Q_h , МДж/м³, от температуры газа на выходе из генератора без подачи воды и с подачей воды в зону генерации и состава биогаза от температуры газа. В результате проведенных исследований установлено, что при подаче водяного пара в газогенератор можно повысить калорийность газа в 3–3,5 раза. Таким образом, показана возможность использовать подобный генераторный газ для питания газопоршневой установки без существенного снижения мощности.

Кроме того, возможны другие способы получения и использования биогаза.

Ежегодное количество органических отходов по разным отраслям народного хозяйства России составляет более 390 млн. тонн, из которых:

- 250 млн. т. дает сельскохозяйственное производство, причем 150 млн. т. приходится на животноводство с птицеводством (помет птиц и КРС), а 100 млн. т. – на растениеводство (солома, стебли подсолнечника и др.);
- 70 млн. т. дает лесо- и деревопереработка (опилки, щепа, другие отходы);
- 60 млн. т. – твердые бытовые отходы городов;
- 10 млн. т. – коммунальные стоки.

Получение биогаза особенно эффективно на агропромышленных комплексах и на городских свалках, где существует возможность полного экологического цикла. На рис. 1 и 2 приведены схемы получения и использования биогаза [2].

Биогаз и связанные с ним технологии являются надеждой для экономики, в особенности для строительства установок и предприятий экологической техники. Применение этой новой технологии возможно на базе серийной модульной установки на биогазе, чтобы тем самым осуществить энергообеспечение и решить проблему утилизации отходов в целях улучшения экологической обстановки. Сырье с сельскохозяйственных залежных земель, сырье от утилизации может, в качестве биогаза, заменить ископаемые энергоносители и тем самым помочь в достижении целей, которые поставили перед собой в Киотском протоколе, а именно, минимизировать выброс CO_2 .

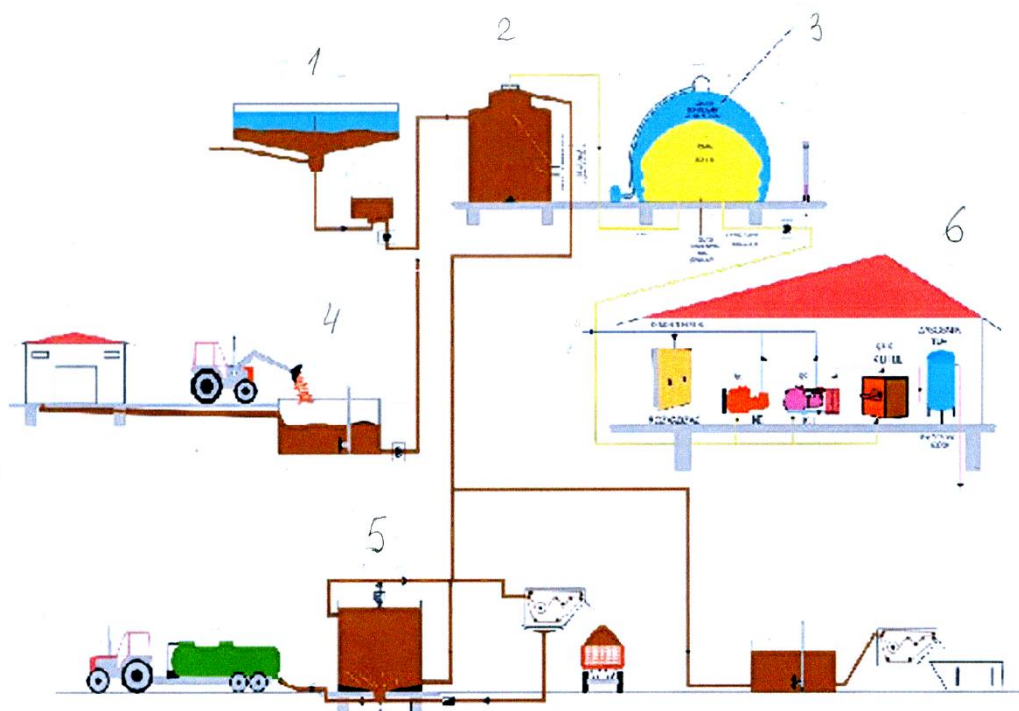


Рис. 1. Блок-схема получения и использования биогаза на агропромышленном комплексе: 1 – смешивающий и гомогенизирующий резервуар для экскрементов животных; 2 – резервуар ферментации (реактор) для анаэробной обработки (образования биогаза и переработки экскрементов); 3 – газгольдер для хранения биогаза, рассчитанный на однодневную продукцию; 4 – сборный резервуар для промежуточного хранилища при обработке экскрементов в ферментаторе; 5 – установка для сепарации обработанных экскрементов животных (разделения на жидкие и твердые составляющие для эффективного использования); 6 – блок энергетики с размещением устройств для производства и разводки электрической и тепловой энергии

Захоронение на полигонах твердых бытовых отходов, подверженных гниению, неизбежно приводит к образованию биогаза. 1 кг органического вещества, биологически разложимого на 70 %, производит 0,18 кг метана, 0,32 кг углекислого газа, 0,2 кг воды и 0,3 кг неразложимого остатка.

Опасность городских свалок:

- угроза растительности;
- угроза строениям – возможность пожаров и взрывов;
- угроза людям – неприятный запах, токсические активные элементы;
- угроза водам – загрязнение подземных источников;
- угроза атмосфере – загрязнение «парниковыми газами».

Отходы, отвозимые на городские свалки, состоят из органических и неорганических материалов различных размеров. При правильном хранении отходов, т.е. сепарации, после ввода в действие соответствующей технологии они становятся источником биогаза, который может использоваться при работе двигателей внутреннего сгорания в ЭГУ и КГУ, для производства электрической и/или тепловой энергии (рис. 2).

Сбор биогаза осуществляется из вертикальных скважин, пробуренных на месте уже заполненных хранилищ, или горизонтальных скважин-коллекторов, сооруженных в процессе складирования отходов.

Для выработки 1 МВт энергии необходима подача биогаза в количестве 525 м³/ч. Считается, что одна скважина дает 80 м³/ч газа.

Высокая плотность мусора позволяет извлекать газ с большой скоростью. Обычная свалка может выдавать газ в течение 10–12 лет. Максимум производительности приходится на четвертый год, затем происходит медленное ее снижение.

На количество образующегося биогаза влияют:

- состав, возраст, плотность, температура и влажность отходов;
- площадь, глубина, способы эксплуатации и рекультивации хранилища отходов;
- водный баланс хранилища.

После окончания эксплуатации скважины, т.е. когда сбор образовавшегося биогаза становится экономически неэффективным (концентрация метана становится очень низкой), необходим контроль за его образованием и обезвреживанием. Один из способов обезвреживания – окисление метана воздухом в поверхностных слоях почвы в присутствии бактерий. В результате образуется углекислый газ, который диффундирует из почвы в атмосферу.

Одно из первых в США захоронений отходов с выработкой биогаза площадью 14 га функционировало с 1978 по 1985 гг. В нем находились 1 млн. т мусора и 0,5 млн. т промышленных отходов. Свалка давала 60 млн. м³ газа в год или 6868 м³/ч. Полный ресурс мощности такой свалки составил 13,1 МВт.

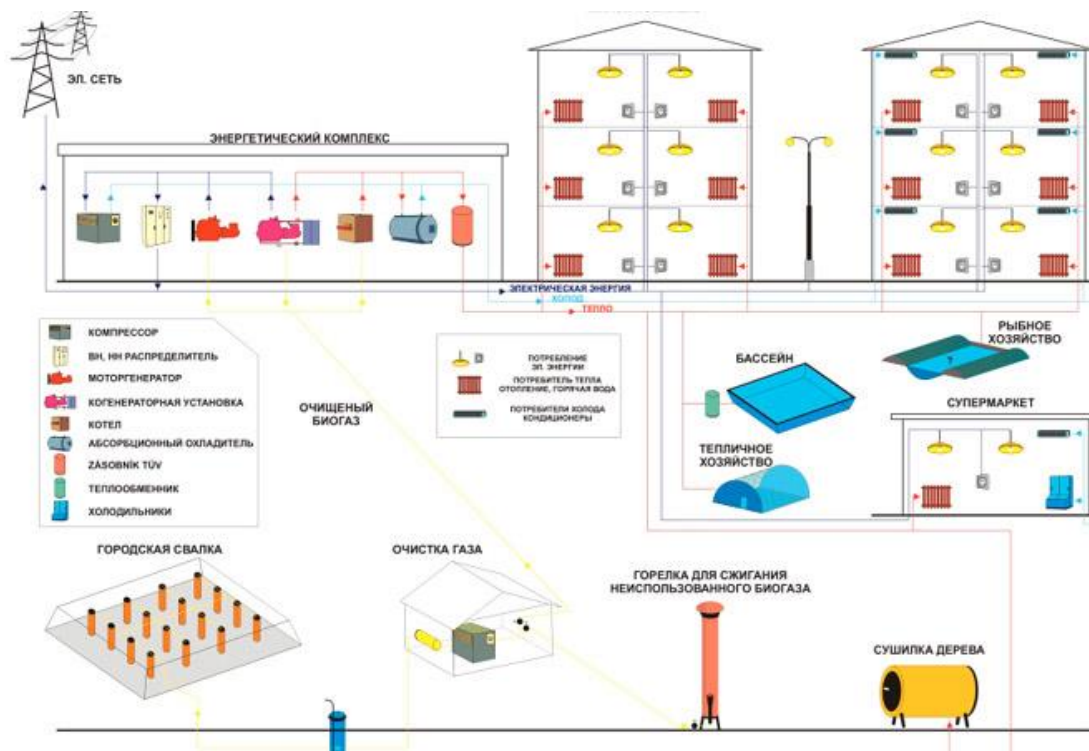


Рис. 2. Схема получения и использования биогаза на городских свалках



Побочным продуктом в процессе получения биогаза выступают экологически чистые удобрения, способные увеличивать урожай сельскохозяйственных культур. В состав удобрения входят минерализованный азот в виде солей аммония (наиболее легко усвояемая форма азота), минерализованный фосфор, калий, микро и макроэлементы в растворимом виде и в соотношениях, необходимых для растений.

Биогаз, который содержит более 55 % метана, легко сжигается в горелке отопительных установок, в водонагревателях, газовой плите, инфракрасных излучателях. Для транспортных средств биогаз можно использовать после очистки от всех примесей и выработки почти чистого метана. Такая технология является дорогостоящей и применяется очень редко.

Более экономичным и широко распространенным в настоящее время является производство электричества и тепла на когенерационных установках.

Биогаз используется в качестве топлива дизельных двигателей, которые служат приводом генератора. Тепло охлаждающей системы двигателя используется для производства тепловой энергии. Когенерационная установка преобразует энергию биогаза в следующем соотношении: 35% в электрическую энергию и около 55% в тепловую энергию. Такая система более экономичная, потому что выработанная электрическая энергия стоит больше и ее легче реализовать [3].

Очистка биогаза (для использования, например, в газовых двигателях) производится в две стадии. На первой стадии извлекается сероводород, а на второй производится удаление галогеносодержащих углеводородов. В качестве очищающего вещества применяется активированный уголь.

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы.

1. Особенность биогазовых технологий в том, что они не являются чисто энергетическими, а представляют комплекс, охватывающий решение как энергетических, так и экологических, агрохимических, лесотехнических и других вопросов, и в этом состоит их высокая рентабельность и конкурентоспособность.

2. Внедрение биогазовых установок позволит улучшить экологическую обстановку на животноводческих фермах, птицефабриках и на прилегающих территориях, предотвращаются вредные воздействия на окружающую среду. При применении биогаза экономятся традиционное топливо, электроэнергия, т.к. биогаз может использоваться для получения энергии для систем отопления животноводческих помещений, жилых домов, теплиц, для сушки сельскохозяйственных продуктов горячим воздухом, выработку электроэнергии.

3. В результате утилизации биоотходов, падает уровень заражения среды болезнетворными бактериями. Исчезают неприятные запахи от разложения и мухи.

4. Пламя от горения газа не коптит и не содержит вредных смол и химических соединений, поэтому кухня и посуда не пачкаются копотью. Снижается риск респираторных и глазных заболеваний, связанных с дымом.

5. Биогаз – это возобновляемый источник энергии.

Важно, что применение биогаза в различных системах генерации энергии обуславливает значительное снижение техногенного воздействия на окружающую среду.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болдин, С. В. Использование генераторного газа в газопоршневой установке / С. В. Болдин, Н. Т. Пузиков. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1. – С 129–134.
2. Пузиков, Н. Т. Анализ оптимальных режимов работы установки для производства генераторных газов из древесных отходов / Н. Т. Пузиков, С. В. Болдин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2015. – № 1 (33). – С. 72–75.
3. Голицын, М. В. Альтернативные энергоносители / М. В. Голицын [и др.]. – Москва : Наука, 2004. – 159 с. – ISBN 5-02-033065-5. – Текст : непосредственный.

BOLDIN Sergey Valentinovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply; PUZIKOV Nikolay Timofeevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOGAS IN SMALL ENERGY SECTOR

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.
Tel.: (831) 433-45-35; e-mail: pnt32@mail.ru
Key words: biogas, generator gas, lower calorific value.

The article proposes an analysis of the possibility of increasing the calorific value of biogas for subsequent use in non-traditional energy. To identify optimal generation modes, it is necessary to conduct a series of tests with analysis of the calorific value of the gas.

REFERENCES

1. Boldin S. V., Puzikov N. T. Ispolzovanie generatornogo gaza v gazoporshnevoy ustanovke [Use of generator gas in a gas piston unit] Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.- stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022, № 1, P 129-134.
2. Puzikov N. T., Boldin S. V. Analiz optimalnykh rezhimov raboty ustanovki dlya proizvodstva generatornykh gazov iz drevesnykh otkhodov [The analysis of optimum operating modes of installation for production of power gases from wood waste] Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.- stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2015, № 1 (33), P. 72–75.
3. Golitsyn M. V., Golitsyn A. M., Pronina N. V. Alternativnye energonositeli [Alternative energy sources]. Otv. red. G.S. Golitsyn. Moscow, Nauka, 2004, 159 p.

© С. В. Болдин, Н. Т. Пузиков, 2025
Получено: 27.06.2024 г.



УДК 697.34

Д. Ю. ЖЕЛДАКОВ¹, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.; А. С. СТРОНГИН¹, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., зав. лабораторией экологической безопасности и энергетической эффективности инженерного оборудования зданий; В. В. КОЗЛОВ¹, канд. техн. наук, вед. науч. сотр.; А. Ю. КАШУРКИН¹, рук. лаборатории исследований и испытаний строительных материалов, изделий и конструкций; Е. С. ЛАПИН², канд. техн. наук, доц. кафедры теплоэнергетических систем; А. П. ЛЕВЦЕВ², д-р техн. наук, проф. кафедры теплоэнергетических систем; Е. С. СЕРГУШИНА², зам. директора по учебной работе многопрофильного колледжа; С. А. ПАНФИЛОВ², д-р техн. наук, проф. кафедры электроники и электротехники; О. В. КАБАНОВ², канд. техн. наук, доц. кафедры электроники и электротехники

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ПРИБОРОВ, ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

¹ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук»

Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21.

Тел.: +7 (495) 482-40-76; эл. почта: niisf@niisf.ru

²ФГБОУ ВО НИ МГУ им Н.П. Огарева

Россия, 430005, Республика Мордовия, Саранск, Большевицкая улица, 68/1.

Тел.: +7 (8342) 24-37-32; эл. почта: mrsu@mrsu.ru

Ключевые слова: энергоэффективность, пульсация, системы отопления, теплообмен, теплоноситель.

В статье обсуждаются недостатки традиционных водоструйных элеваторов, используемых для смешивания теплоносителей в центральных тепловых сетях. Эти системы демонстрируют неэффективность при изменениях давления, что приводит к серьезным техническим проблемам, включая перегрев обратной сетевой воды. Предлагаемые решения, такие как установка дополнительных насосов и погодных регуляторов, не всегда приносят ожидаемый эффект и могут усугублять ситуацию. В статье представлена новая концепция насосно-смесительного устройства с двухпоточными мембранными насосами, направленная на оптимизацию процессов смешивания теплоносителей и повышение эффективности работы систем отопления. Предложенное решение обещает значительные улучшения в управлении тепловыми системами, что может способствовать повышению энергоэффективности и надежности отопления в российских зданиях, а также обеспечить экономически эффективную эксплуатацию тепловых сетей.

В настоящее время в России большинство зданий подключены к центральным тепловым сетям по стандартным схемам, использующим водоструйные элеваторы для смешивания теплоносителей. Эта долгое время признаваемая технология столкнулась с серьезными проблемами, особенно в условиях нестабильного давления. Результаты энергетических обследований за период с 2012 по 2024 годы однозначно показали, что водоструйные элеваторы



неэффективны при колебаниях давления, что приводит к перегреву обратной сетевой воды [1-24].

Исследования и практический опыт, полученные за последние годы, однозначно подтверждают важность и актуальность проблемы оптимизации систем отопления. В условиях постоянно изменяющихся внешних факторов, таких как колебания температуры наружного воздуха и давления в тепловых сетях, традиционные методы управления отоплением часто не способны обеспечить требуемый уровень энергоэффективности и стабильности работы. Эти проблемы становятся особенно заметными в старых и не модернизированных системах, где существует высокий риск перегрева, перерасхода энергии и несоответствия температурных режимов.

Проблема оптимизации системы отопления охватывает не только улучшение теплообмена, но и более широкие аспекты, такие как снижение теплопотерь, повышение энергоэффективности, улучшение работы насосного оборудования и обеспечение комфортных температурных условий в помещениях. Современные системы отопления должны быть гибкими и адаптируемыми, учитывая изменяющиеся условия работы, как внешние (погодные), так и внутренние (потребность в тепле в зависимости от времени суток или специфики использования здания).

Практический опыт эксплуатации традиционных систем отопления показывает, что многие из существующих решений оказываются недостаточно эффективными при изменяющихся условиях, таких как нестабильное давление в тепловых сетях или значительные колебания температуры. Существующие методы управления теплоносителем, такие как использование водоструйных элеваторов или простых насосов, имеют ограничения в плане регулирования потока теплоносителя и могут приводить к перегреву или недогреву отдельных частей системы, что в итоге снижает общую эффективность отопления.

Таким образом, появляется необходимость в более комплексных и инновационных подходах к оптимизации отопительных систем. В последние годы активно разрабатываются новые методы и технологии, которые могут значительно повысить стабильность работы отопления, уменьшить теплопотери и снизить энергозатраты. Одним из таких решений является внедрение современных насосно-смесительных устройств, которые позволяют более точно регулировать подачу теплоносителя, адаптируя систему к меняющимся условиям.

Различные методы были предложены для улучшения эффективности, включая установку дополнительных насосов и регуляторов подачи теплоносителя в зависимости от погодных условий. Однако выявлено, что некоторые из этих подходов могут оказаться неэффективными и даже способствовать увеличению расхода теплоносителя и нарушению гидравлического баланса в системе отопления здания, что подтверждается исследованиями, проведенными в МГУ им. Н. П. Огарева.

В результате анализа этих проблем стало ясно, что необходимы более глубокие изменения в конструкции и функционировании систем смешивания теплоносителей. В данной статье предлагается новая концепция насосно-смесительного устройства, оснащенного двухпоточными мембранными насосами. Это инновационное решение направлено на улучшение процессов смешивания теплоносителей и оптимизацию температурного распределения в системах отопления. Новая конструкция обещает значительно повысить эффективность



работы системы и решить текущие проблемы, обеспечивая более надежную и экономичную эксплуатацию тепловых сетей.

Таким образом, предложенное решение открывает перспективы для значительных улучшений в управлении тепловыми системами, что может оказать существенное влияние на энергоэффективность и надежность отопления в российских зданиях. Новая технология не только устраняет существующие недостатки, но и создает базу для более устойчивой и эффективной системы отопления, способствуя повышению комфорта и экономической эффективности использования тепловой энергии.

На основе анализа литературы [1-10] нами разработан метод реализации пульсации и смешивания охлаждающей воды с помощью двухконтурного мембранного насоса. Суть метода заключается в периодическом подмешивании горячей охлаждающей воды и части использованной охлаждающей воды к радиаторам системы отопления с учетом частоты пульсаций и по гармоническому закону. При реализации этого метода получается достичь приблизительно одинаковой температуры во всех точках поверхности радиаторов. Также одним из основных достоинств разработанного нами метода является то, что с помощью него удастся улучшить теплообмен и эффективность системы отопления [1-15].

Эксплуатация начинается с забора теплоносителя через подающие трубопроводы 1 (рис. 1). Затем теплоноситель распределяется между 7 и 8 независимыми контурами распределителем импульсного потока, оснащенным электроприводом 19. Для создания циклических пульсаций через рабочую камеру 22-23 и камеру насоса 24-25 используются впускные 27-28 и выпускные 29-30 клапаны, левой 21 секцией с боковым отводом 18 и правой 20 разработанного мембранного насоса. В начальный момент времени ударный клапан 9 правого импульсного распределителя потока 7 открыт на входе 11, а нижний правый клапан 13 закрыт на выходе 15, а для левого импульсного распределителя потока 8 – наоборот, клапан 10 будет закрытым в 12, а нижний клапан 14 открытым в 16. Это позволяет теплоносителю через боковой отвод 17 попадать в рабочую камеру 22, перемещая шток 26 и вытеснять охлажденный теплоноситель через насосную камеру 24. Энергия удара уменьшает инерцию движения штока 26. Теплоноситель перераспределяется между параллельно подключенными отопительными приборами 2 и 3, а также теплообменниками ГВС 4 и 5 в зависимости от требуемого расхода, который регулируется на регуляторах расхода горячей воды 33 и 34.

Охлажденный теплоноситель возвращается в тепловую сеть через трубопровод 6 при помощи предохранительных обратных клапанов 31 и 32, чтобы избежать повреждений отопительных приборов 2 и 3, а также теплообменников ГВС 4 и 5. Система теплоснабжения запускается с соединения подающего трубопровода 1 и обратного трубопровода 6 с соответствующими трубопроводами тепловой сети. Горячий теплоноситель поступает в систему, пока его давление не сравняется с давлением в обратном трубопроводе 6. В начальный момент времени, в зависимости от положения электропривода 19, ударный клапан 9 правого импульсного распределителя потока 7 открыт на входе 11 и закрыт на выходе 15, а для левого импульсного распределителя потока 8 – наоборот. Для нормальной работы системы отопления, основанной на индивидуальном тепловом пункте, она подключается к подающей трубе 1 и обратной трубе 6,

через которые поступает теплоноситель. После подключения теплоноситель начинает циркулировать по системе до выравнивания давления в этих трубах.

Затем охлажденный теплоноситель проходит через выпускной клапан 29, радиатор 2, теплообменник ГВС 4 и выходит из насосной камеры 24 через предохранительный обратный клапан 31 в обратную трубу 6. В распределителе импульсного потока 7 теплоноситель с высокой кинетической энергией направляется в рабочую камеру 22 через боковой выпускной клапан 17. Управление этим процессом осуществляется входным клапаном 9, который, реагируя на изменение давления, перемещает стержень 26.

После прохождения радиатора 2 и теплообменника ГВС 4, охлажденный теплоноситель отдаёт тепло в окружающую среду, регулируя температуру и подачу воды. Затем, преодолев обратный клапан 28, радиатор 3 и теплообменник ГВС 5, теплоноситель возвращается в насосную камеру 25. Завершение цикла происходит, когда теплоноситель выводится из насосной камеры 23 через боковой выпускной клапан распределителя импульсного потока 8 и открытый клапан 14. Цикл повторяется при активации клапанов в распределителях 7 и 8.

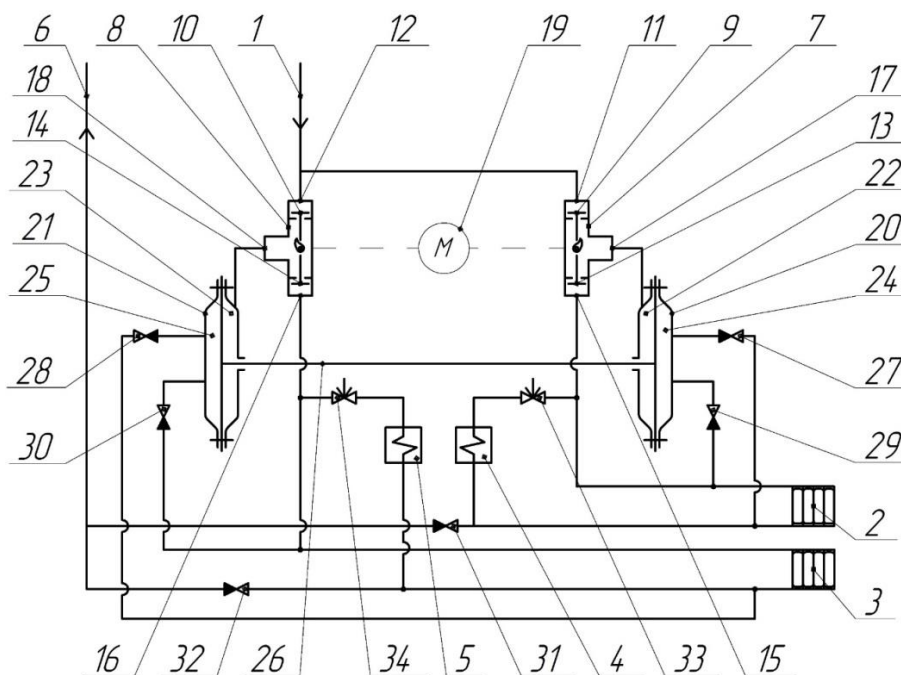


Рис. 1. Схема разработанного индивидуального теплового пункта

Когда привод поворачивает на 180° , ударные клапаны в распределителях 7 и 8 отключаются, создавая волну удара в воде. Энергия этой волны заставляет поршень 26 двигаться, снижая задержки между его движением и давлением в насосной камере 23. Теплоноситель из камеры 22 проходит через клапан 13 и отверстие 15, охлаждается в 2 и теплообменнике ГВС 4, возвращается в камеру 24 через клапан 27. Охлажденная вода поступает в насосную камеру через клапан 28 и затем вытесняется через клапан 30, проходя через радиатор 3 и теплообменник ГВС 5. Цикл продолжается до активации электрически управляемых клапанов в распределителях 7 и 8.

Эффективность системы зависит от частоты пульсаций, регулируемой приводом 19, обычно в диапазоне от 0,4 до 1,0 Гц. В случае повышения давления в обратной трубе 6 (например, при аварийной ситуации в сети) радиаторы 2 и 3 или теплообменники ГВС 4 и 5 остаются целыми, так как циркуляционный насос работает без нагрузки.

На рис. 2 представлена временная диаграмма работы клапанов разработанного индивидуального теплового пункта.

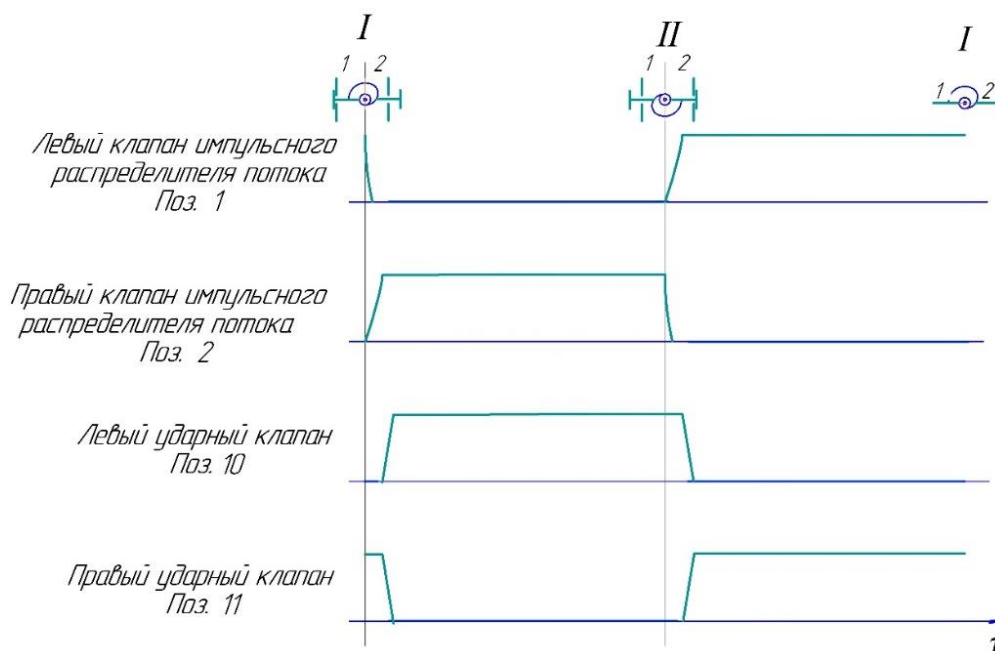


Рис. 2. Временная диаграмма работы клапанов

Применение такой системы позволяет значительно повысить эффективность работы системы отопления за счет точного контроля циркуляции теплоносителя и обеспечения стабильной работы оборудования.

Гидравлическая характеристика ИТП напрямую зависит от частоты импульсного распределителя потока теплоносителя (рис. 3). Как видно из рисунка, изменение расхода наблюдается от 0,5 до 0,6 Гц. В этой полосе более заметная корректировка расхода, что подтверждает высокую чувствительность системы к изменениям частоты в этом интервале.

При частотах до 0,5 Гц и выше 0,6 Гц расход теплоносителя меняется минимально. Изменения в расходе в указанных диапазонах частот происходят незначительно, так как насос и распределитель настроены на оптимальную работу в этих пределах для обеспечения надежности и экономичности системы.

При этом, важно отметить, что оптимизация работы системы через настройку частоты позволяет не только поддерживать стабильный расход теплоносителя, но и обеспечивать энергосбережение. Таким образом, система способна адаптироваться к различным условиям эксплуатации, улучшая эффективность теплоснабжения, что имеет ключевое значение при разработке более совершенных и экономичных энергетических систем.

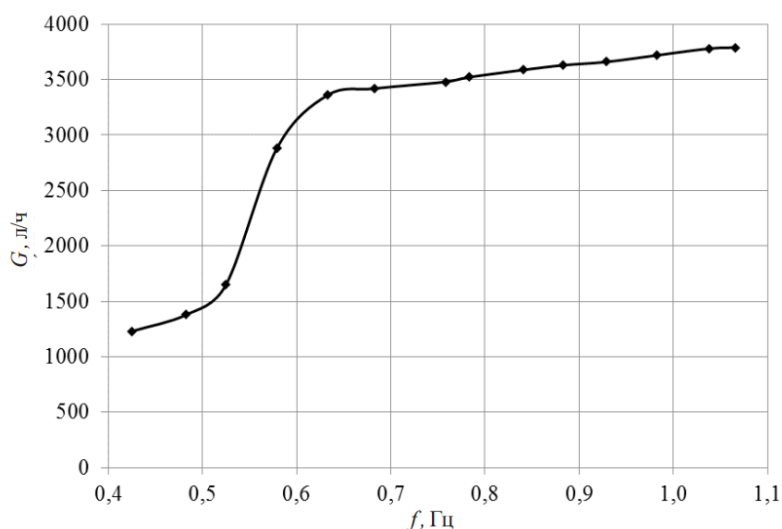


Рис. 3. Расход теплоносителя в зависимости от частоты работы системы

Нагрузка на опытный образец индивидуального теплового пункта создана с использованием ВМ-500-80 радиаторов. Было произведено измерение распределения температур по поверхности радиатора (табл. 1).

Таблица 1

Измерение распределения температур по поверхности радиатора

Интервал температуры, t, °C	43-47,6	47,6-52,2	52,2-56,8	56,8-61,4	61,4-66
Количество точек, ед.					
Стационарный	15500	17000	7000	4000	3700
Пульсирующий	12000	19000	9000	4000	3500

Из табл. 1 видно, что пульсирующий поток теплоносителя существенно улучшает равномерность распределения температур по поверхности радиатора. Конкретно, использование пульсации потока приводит к улучшению температурного распределения на 30%.

Следовательно, в условиях пульсирующего потока теплоноситель равномерно распределяется по поверхности радиатора, что обеспечивает более эффективное теплоотведение и, как следствие, повышает полную эффективность работы отопительной системы. Выводы, полученные на основе сравнения данных измерений в статическом свете, показывают, что динамическое воздействие на теплоноситель, с использованием пульсаций, оказывает более благоприятное воздействие на прогревание секционного радиатора. Это, в свою очередь, влияет на более точную и стабильную работу системы, что звучит логично, поскольку пульсации позволяют воздействовать на распределение жидкости по радиатору, что помогает минимизировать температурные перепады в помещении. Данные, представленные в табл. 1, показывают детальное распределение температурных значений по секциям биметаллического радиатора в обоих режимах.

Что можно сказать о работе системы отопления с использованием пульсирующего потока теплоносителя после проведения экспериментов и анализа



температурного распределения? Во-первых, радиатор выдаёт тепло равномернее по всей поверхности. Это означает, что температурные перепады уменьшаются. В целом, система становится более эффективной. Температурное поле улучшается на 30%, а это означает существенно лучшую теплоотдачу, поскольку нагрев происходит равномернее. Это позволяет увеличить эффективность теплообмена, снижая потери энергии.

Таким образом, статичный пульс с частотой 0,45 Гц действительно влияет на температурное поле в радиаторе. Таким образом, результаты эксперимента подтверждают, что применение нестационарных пульсаций позволяет системе проявлять адаптацию к различным режимам ее эксплуатации, увеличивая стабильность и долговечность работы. Пульсации способствуют оптимизации условий работы объемного насосного оборудования, силой экономя его работу и износ, что приносит эксплуатационные экономии и повышает уровень безопасности системы.

Применение пульсаций потока оказывает положительное воздействие на изменения температурного режима на поверхности отопительно-технических приборов.

Например, на радиаторах типа BM-500 воздействие пульсаций потока приводит к улучшению автоматического показателя температуры на 30% по сравнению с нестационарным режимом. В целом, положительное влияние применения пульсаций в потоке способствует улучшению теплопереноса, что ведет к повышению общей эффективности работы системы отопления и уменьшению потерь тепла. Таким образом, пульсирующий поток оказывает позитивное влияние на эксплуатационные характеристики насосного оборудования, снижая механическое воздействие на его компоненты и увеличивая срок службы системы.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что система отопления с пульсирующим потоком может быть эффективной альтернативой существующим традиционным методам, обеспечивая как повышение энергоэффективности, так и снижение эксплуатационных затрат.

Таким образом, использование пульсирующего потока теплоносителя в индивидуальных тепловых пунктах может стать одним из главных шагов к созданию более эффективных и экономичных систем отопления. В дальнейшем мы планируем провести исследования с целью уточнения оптимальных температурных режимов работы и расширения области применения данной технологии в различных климатических и эксплуатационных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2716545 C1 Российская Федерация, МПК F24D 3/00, F24D 17/00. Система теплоснабжения и способ организации ее работы : № 2019131243 : заявл. 03.10.2019 : опубл. 12.03.2020 / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, А. А. Голянин [и др.] ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва. – Текст : непосредственный.
2. Патент № 2754569 C1 Российская Федерация, МПК F24D 3/02. Система отопления здания независимого присоединения с организацией в ней пульсирующего режима движения теплоносителя : № 2020134571 : заявл. 21.10.2020 : опубл. 03.09.2021 / А. П. Левцев, А. А. Голянин, Е. С. Лапин ; заявитель Национальный исследовательский



Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва. – Текст : непосредственный.

3. Патент № 2746638 С1 Российская Федерация, МПК F24D 3/02. Система отопления здания зависимого присоединения с организацией в ней пульсирующего режима движения теплоносителя : № 2020133525 : заявл. 13.10.2020 : опубл. 19.04.2021 / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, А. А. Голянин, Р. В. Панкратьев ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва. – Текст : непосредственный.

4. Термическое сопротивление наружных ограждающих конструкций при переменном тепловом потоке / В. Т. Ерофеев, Т. Ф. Ельчищева, А. П. Левцев [и др.]. – Текст : электронный. // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – № 10. – С. 4–13. – DOI 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13.

5. Панфилов, С. А. Метод исследования параметров теплового режима помещения здания для настройки энергоэффективной системы отопления / С. А. Панфилов, О. В. Кабанов, В. Т. Ерофеев. – Текст : непосредственный // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : сборник научных трудов / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва : АСВ, 2022. – Том 2. – С. 310–320.

6. Патент № 2781893 С1 Российская Федерация, МПК F24D 15/00, G05D 23/00. Способ определения минимального времени включения системы отопления на нагрев помещения здания : № 2021135973 : заявл. 07.12.2021 : опубл. 19.10.2022 / О. В. Кабанов, С. А. Панфилов ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва. – Текст : непосредственный.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617121 Российская Федерация. Программа адаптивного управления тепловым режимом помещения здания : № 2022615826 : заявл. 06.04.2022 : опубл. 18.04.2022 / О. В. Кабанов, С. А. Панфилов ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва. – Текст : непосредственный.

8. Кабанов, О. В. Совершенствование режимов подачи энергоносителя в системах автономного отопления производственных помещений зданий : специальность 2.1.3 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кабанов Олег Владимирович ; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2022. – 169 с. – Текст : непосредственный.

9. Конструктивные особенности и оценка работы оборудования для импульсной подачи теплоносителя / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, М. В. Бikuнова, В. В. Салмин. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2018. – № 4 (37). – С. 151–158.

10. Levsev, A. P. Increasing the heat transfer efficiency of sectional radiators in building heating systems / A. P. Levsev, E. S. Lapin, Q. Zhang // Magazine of Civil Engineering. – 2019. – No. 8 (92). – P. 63–75. – DOI 10.18720/MCE.92.5.

11. Панфилов, С. А. Устройство для энергосберегающего управления отоплением автономного помещения здания / С. А. Панфилов, В. Т. Ерофеев, О. В. Кабанов. – Текст : непосредственный // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : сборник научных трудов / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва : АСВ, 2022. – Том 2. – С. 300–309.

12. Лапин, Е. С. Разработка пульсирующих режимов подачи теплоносителя в системах отопления зданий с секционными радиаторами : специальность 2.1.3 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лапин Евгений



Сергеевич ; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2023. – 152 с. – Текст : непосредственный.

13. Kabanov O.V. Measuring the thermo physical properties of construction projects / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov, A. A. Prokin, E. S. Sergushina // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 7. – P. 3121-3127. – DOI 10.1166/jctn.2019.8229.

14. Kabanov O.V. Automated portable installation to determine the thermo physical properties of the object / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov, A. A. Prokin, E. S. // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 7. – P. 3115-3120. – DOI 10.1166/jctn.2019.8228.

15. Lebedeva A. V. Energy-efficient autonomous system of heating / A. V. Lebedeva, O. V. Kabanov // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 1. – P. 145-150. – DOI 10.1166/jctn.2019.7714.

16. Panfilov S. A. Energy saving in heating systems of buildings and structures / S. A. Panfilov, O. V. Kabanov, I. A. Shnyakin [et al.] // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – Vol. 13, No. 11. – P. 3641-3643.

17. Panfilov S. A. Energy efficient system "smart house" / S. A. Panfilov, O. V. Kabanov, A. A. Grigoryev [et al.] // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020. Vol. 12, No. 7 Special Issue. P. 260-262. DOI 10.5373/JARDCS/V12SP7/20202106.

18. Левцев, А. П. Повышение теплопередачи секционных радиаторов отопления организацией пульсаций теплоносителя / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, В. Т. Ерофеев. – Текст : непосредственный // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : сборник научных трудов / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва : АСВ, 2022. – Том 2. – С. 165–176.

19. Лапин, Е. С. Схемное решение системы отопления здания с пульсирующим режимом подачи теплоносителя для зависимого присоединения к тепловой сети / Е. С. Лапин. – Текст : непосредственный // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Международной научно-практической конференции, Саранск, 24–25 ноября 2021 года. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, 2022. – С. 238–241.

20. Левцев, А. П. Использование тарельчатых диафрагм транспортных средств в двухконтурных мембранных насосах / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, Д. Чжень. – Текст : электронный // Инженерные технологии и системы. – 2023. – Том 33, № 1. – С. 68–78. – DOI 10.15507/2658-4123.033.202301.068-078.

21. Лапин, Е. С. Моделирование динамики двухконтурного мембранного насоса / Е. С. Лапин. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 3. – С. 177-180.

22. Кудашев, С. Ф. О целесообразности фрикулинга в системе оборотного водоснабжения на территории Ленинградской области / С. Ф. Кудашев, Е. С. Лапин, Р. С. Лапин. – Текст : электронный // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 3(30). – С. 19-26. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.30.3.002.

23. Лапин, Е. С. Теплопередача секционного радиатора при снижении частоты пульсаций теплоносителя / Е. С. Лапин, Р. С. Лапин. – Текст : непосредственный // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию П. В. Сенина, Саранск, 22–23 ноября 2023 года. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, 2024. – С. 236-240.

24. Патент № 2810958 С1 Российская Федерация, МПК F24D 3/02. Система теплоснабжения и способ организации ее работы : № 2023113052 : заявл. 19.05.2023 :



опубл. 09.01.2024 / А. П. Левцев, Е. С. Лапин ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва. – Текст : непосредственный.

ZHELDAKOV Dmitry Yurievich¹, candidate of technical sciences, senior researcher; **STRONGIN Andrey Semenovich¹**, candidate of technical sciences, senior researcher, head of laboratory of environmental safety and energy efficiency of building engineering equipment; **KOZLOV Vladimir Vladimirovich¹**, candidate of technical sciences, leading researcher; **KASHURKIN Aleksey Yurievich¹**, head of the laboratory of research and testing of building materials, products and structures; **LAPIN Evgeny Sergeevich²**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and power systems; **LEVITSEV Aleksey Pavlovich²**, doctor of technical sciences, professor of the chair of heat and power systems; **SERGUSHINA Elena Sergeevna²**, deputy director for academic affairs of multidisciplinary college; **PANFILOV Stepan Aleksandrovich²**, doctor of technical sciences, professor of the chair of electronics and electrical engineering; **KABANOV Oleg Vladimirovich²**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of electronics and electrical engineering

INVESTIGATION OF LOW EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS AND DEVICES, WAYS TO SOLVE IT

¹Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (RAACS)

21, Lokomotivny Proezd, Moscow, 127238, Russia.

Tel.: +7 (495) 482-40-76; e-mail: niisf@niisf.ru

²National Research Ogarev Mordovia State University

68/1, Bolshevistskaya St., 430005, Saransk, Russia.

Tel.: +7 (8342) 24-37-32; e-mail: mrsu@mrsu.ru

Key words: energy efficiency, pulsation, heating systems, heat exchange, coolant.

The article discusses the shortcomings of traditional water-jet elevators used for mixing coolants in central heating networks. These systems demonstrate inefficiency under pressure changes, which leads to serious technical problems, including overheating of the return network water. The proposed solutions, such as the installation of additional pumps and weather regulators, do not always bring the expected effect and can aggravate the situation. The article presents a new concept of a pumping and mixing device with two-flow membrane pumps aimed at optimizing the mixing processes of coolants and increasing the efficiency of heating systems. The proposed solution promises significant improvements in the management of thermal systems, which can contribute to increasing the energy efficiency and reliability of heating in Russian buildings, as well as ensure cost-effective operation of heating networks.

REFERENCES

1. Patent № 2716545 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/00, F24D 17/00. Sistema teplosnabzheniya i sposob organizatsii ee raboty [Heating system and method of organizing its operation]: № 2019131243: zayavl. 03.10.2019; opubl. 12.03.2020 / A. P. Levitsev, E. S. Lapin, A. A. Golyanin [et al.]; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogareva.



2. Patent № 2754569 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/02. Sistema otopleniya zdaniya nezavisimogo prisoyedineniya s organizatsiyey v ney pulsiruyushchego rezhima dvizheniya teplonositelya [Building heating system with independent connection and organization of pulsating coolant flow mode]: № 2020134571: заявл. 21.10.2020; opubl. 03.09.2021 / A. P. Levtshev, A. A. Golyanin, E. S. Lapin; заявитель Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

3. Patent № 2746638 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/02. Sistema otopleniya zdaniya zavisimogo prisoyedineniya s organizatsiyey v ney pulsiruyushchego rezhima dvizheniya teplonositelya [Building heating system with dependent connection and organization of pulsating coolant flow mode]: № 2020133525: заявл. 13.10.2020; opubl. 19.04.2021 / A. P. Levtshev, E. S. Lapin, A. A. Golyanin, R. V. Pankratyev; заявитель Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

4. Yerofeyev V. T., Yelchishcheva T. F., Levtshev A. P. [et al.] Termicheskoye soprotivleniye naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksiy pri peremennom teplovom potoke [Thermal resistance of external enclosing structures under variable heat flow]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. 2022, № 10, P. 4-13. – DOI 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13.

5. Panfilov S. A., Kabanov O. V., Yerofeyev V. T. Metod issledovaniya parametrov teplovogo rezhima pomeshcheniya zdaniya dlya nastroyki energoeffektivnoy sistemy otopleniya [Method for investigating the parameters of the thermal regime of a building room for tuning an energy-efficient heating system]. Fundamentalnye, poiskovyye i prikladnyye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli RF v 2021 godu [Fundamental, exploratory, and applied research of RAACS on scientific support for the development of architecture, urban planning, and the construction industry of the Russian Federation in 2021]: Sbornik nauchnykh trudov RAASN. Vol. 2, Moscow, Izdatel'stvo ASV, 2022, P. 310-320.

6. Patent № 2781893 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 15/00, G05D 23/00. Sposob opredeleniya minimalnogo vremeni vklyucheniya sistemy otopleniya na nagrev pomeshcheniya zdaniya [Method for determining the minimum time for turning on the heating system to heat a building room]: № 2021135973: заявл. 07.12.2021; opubl. 19.10.2022 / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov; заявитель Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

7. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2022617121 RF. Programma adaptivnogo upravleniya teplovym rezhimom pomeshcheniya zdaniya [Certificate of state registration of a computer program № 2022617121 Russian Federation. Program for adaptive control of the thermal regime of a building room]: № 2022615826: заявл. 06.04.2022; opubl. 18.04.2022 / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov; заявитель Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

8. Kabanov O. V. Sovershenstvovaniye rezhimov podachi energonositelya v sistemakh avtonomnogo otopleniya proizvodstvennykh pomeshcheniy zdaniy [Improvement of energy carrier supply modes in autonomous heating systems of industrial building premises]: diss. ... kand. tekhn. nauk, 2023, 169 p.

9. Levtshev A. P., Lapin E. S., Bikunova M. V., Salmin V. V. Konstruktivnyye osobennosti i otsenka raboty oborudovaniya dlya impulsnoy podachi teplonositelya [Design features and evaluation of equipment for pulsed coolant supply]. Regionalnaya arkhitektura i stroitel'stvo [Regional Architecture and Construction]. 2018, № 4(37), P. 151-158.

10. Levtshev A. P., Lapin E. S., Zhang Q. Increasing the heat transfer efficiency of sectional radiators in building heating systems // Magazine of Civil Engineering. – 2019. – No. 8(92). – P. 63-75. – DOI 10.18720/MCE.92.5.

11. Panfilov S. A., Yerofeyev V. T., Kabanov O. V. Ustroystvo dlya energosberegayushchego upravleniya otopleniyem avtonomnogo pomeshcheniya zdaniya [Device for energy-saving control of heating in an autonomous building room].



Fundamentalnye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitelstva i stroitelnoy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu [Fundamental, exploratory, and applied research of RAACS on scientific support for the development of architecture, urban planning, and the construction industry of the Russian Federation in 2021]: Sbornik nauchnykh trudov RAASN. Vol. 2, Moscow, Izdatelstvo ASV, 2022, P. 300-309. EDN TIDXAO.

12. Lapin E. S. Razrabotka pulsiruyushchikh rezhimov podachi teplonositelya v sistemakh otopleniya zdaniy s sektionnymi radiatorami [Development of pulsating modes of coolant supply in building heating systems with sectional radiators]: diss. ... kand. tekhn. nauk, 2023, 152 p. – EDN CZGMWO.

13. Kabanov O. V. Measuring the thermo physical properties of construction projects / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov, A. A. Prokin, E. S. Sergushina // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 7. – P. 3121-3127. – DOI 10.1166/jctn.2019.8229.

14. Kabanov O.V. Automated portable installation to determine the thermo physical properties of the object / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov, A. A. Prokin, E. S. // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 7. – P. 3115-3120. – DOI 10.1166/jctn.2019.8228.

15. Lebedeva A. V. Energy-efficient autonomous system of heating / A. V. Lebedeva, O. V. Kabanov // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 1. – P. 145-150. – DOI 10.1166/jctn.2019.7714.

16. Panfilov S. A. Energy saving in heating systems of buildings and structures / S. A. Panfilov, O. V. Kabanov, I. A. Shnyakin [et al.] // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – Vol. 13, No. 11. – P. 3641-3643.

17. Panfilov S. A. Energy efficient system "smart house" / S. A. Panfilov, O. V. Kabanov, A. A. Grigoryev [et al.] // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2020. Vol. 12, No. 7 Special Issue. P. 260-262. DOI 10.5373/JARDCS/V12SP7/20202106.

18. Levtshev A. P., Lapin E. S., Yerofeyev V. T. Povysheniye teploperedachi sektionnykh radiatorov otopleniya organizatsiy pulsatsiy teplonositelya [Improving heat transfer in sectional heating radiators by organizing coolant pulsations]. Fundamentalnye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitelstva i stroitelnoy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu [Fundamental, exploratory, and applied research of RAACS on scientific support for the development of architecture, urban planning, and the construction industry of the Russian Federation in 2021]: Sbornik nauchnykh trudov RAASN. Vol. 2, Moscow, Izdatelstvo ASV, 2022, P. 165-176.

19. Lapin E. S. Skhemnoye resheniye sistemy otopleniya zdaniya s pulsiruyushchim rezhimom podachi teplonositelya dlya zavisimogo prisoyedineniya k teplovoy seti [Schematic solution for a building heating system with a pulsating coolant supply mode for dependent connection to a heating network]. Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems]: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Saransk, 24–25 noyabrya 2021 goda, Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova, 2022, P. 238-241.

20. Levtshev A. P., Lapin E. S., Zhen D. Ispolzovaniye tarelchatykh diafragm transportnykh sredstv v dvukhkонтурnykh membrannykh nasosakh [Use of vehicle disc diaphragms in double-circuit membrane pumps]. Inzhenernyye tekhnologii i sistemy [Engineering Technologies and Systems]. 2023, Vol. 33, №1, P. 68-78. – DOI 10.15507/2658-4123.033.202301.068-078.

21. Lapin E. S. Modelirovaniye dinamiki dvukhkонтурного membrannogo nasosa [Modeling the dynamics of a double-circuit diaphragm pump]. Innovatsii i investitsii [Innovations and Investments]. 2023, № 3, P. 177-180.

22. Kudashev S. F., Lapin E. S., Lapin R. S. O tselesoobraznosti frikulinga v sisteme oborotnogo vodosnabzheniya na territorii Leningradskoy oblasti [On the feasibility of free



cooling in the water recycling system in the Leningrad Region]. Zhilishchnoe hozyaystvo i kommunalnaya infrastruktura [Housing and communal infrastructure]. 2024, № 3 (30), P. 19-26. DOI 10.36622/2541-9110.2024.30.3.002.

23. Lapin E. S., Lapin R. S. Teploperedacha sektionnogo radiatora pri snizhenii chastoty pulsatsiy teplonositelya [Heat transfer of a sectional radiator with a decrease in the frequency of coolant pulsations]. Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems]: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu P. V. Senina, Saransk, 22–23 noyabrya 2023 goda. Saransk, Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova, 2024, P. 236-240.

24. Patent № 2810958 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/02. Sistema teplosnabzheniya i sposob organizatsii ee raboty [Heat supply system and the method of organizing its operation] : № 2023113052 : zayavl. 19.05.2023 : opubl. 09.01.2024 / A. P. Levcev, E. S. Lapin ; zayavitel Nacionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

**© Д. Ю. Желдаков, А. С. Стронгин, В. В. Козлов, А. Ю. Кашуркин,
Е. С. Лапин, А. П. Левцев, Е. С. Сергушина, С. А. Панфилов, О. В. Кабанов,
2025**

Получено: 09.01.2025 г.



УДК 697.343(470.341)

М. А. КОЧЕВА, канд. техн. наук, профессор кафедры теплогазоснабжения;
Ю. В. ГОТУЛЕВА, ст. преп. кафедры теплогазоснабжения

АНАЛИЗ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НИЖНЕГО НОВГОРОДА И НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-03-82; эл. почта: lisena2002-2015@mail.ru

Ключевые слова: система теплоснабжения, изношенность сетей, модернизация коммунальной структуры, тепловая изоляция, потери теплоты.

В статье проведен анализ степени изношенности систем теплоснабжения России и Нижегородской области, рассмотрены действующие программы и возможные пути решения задач по повышению надежности и эффективности работы систем теплоснабжения.

Надежное и энергоэффективное теплоснабжение населенных пунктов – один из важнейших факторов, определяющих комфортность жизнедеятельности населения, развитие промышленности и экономики.

Глава комитета Госдумы по энергетике Павел Завальный сообщил, что комитет внимательно следит за совершенствованием законодательства и регулярно рассматривает вопросы повышения надежности систем теплоснабжения. «Система теплоснабжения России состоит из 50 тыс. локальных систем и 18 тыс. обслуживающих предприятий, протяженность тепловых сетей составляет 167 тыс. км», – отметил парламентарий. По информации Росстата, общий износ тепловых сетей составляет более 60%, более 30% (50 тыс. км из 167 тыс. км) тепловых сетей нуждаются в замене» [1]. Износ тепловых сетей, элементов и инфраструктуры неизбежно приводит к росту аварийности, при этом основное число аварий в системе централизованного теплоснабжения (до 80%) происходит именно на тепловых сетях, причем отказывает «последняя миля» – котельные, квартальные тепловые сети, относящиеся к зоне ответственности «местного самоуправления».

В России преимущественно применяется централизованное теплоснабжение. Однако высокая изношенность сетей становится причиной роста аварийности. В отопительном сезоне 2023/2024 произошло около 9000 аварий, из них 44% пришлось на сферу теплоснабжения, сообщил глава Минстроя Ирек Файзуллин на заседании правительства РФ [2].

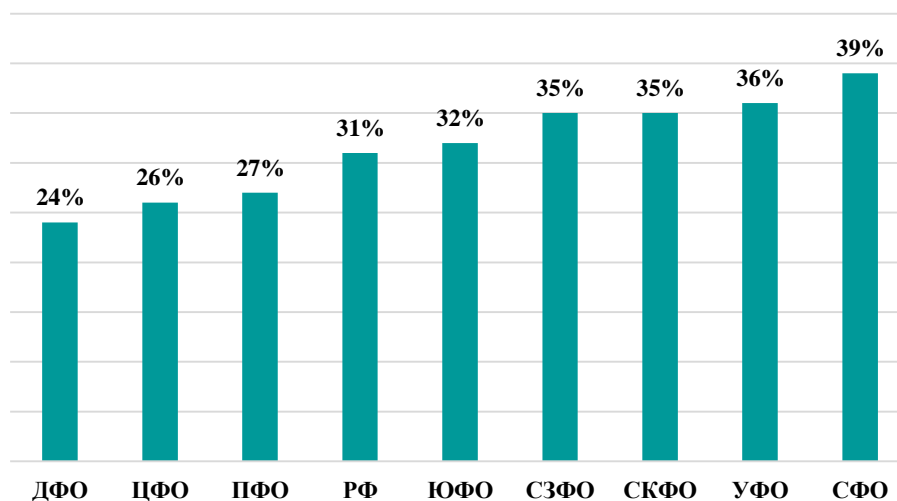


Рис. 1. Средняя доля тепловых сетей, подлежащих замене, по федеральным округам на конец 2023 года, % [3].

Чтобы решить проблемы теплоснабжения, необходимо на всех уровнях принимать меры для обновления системы. Например, в России действует федеральная комплексная программа модернизации ЖКХ до 2030 года, на нужды которой предполагается выделить 4,5 трлн. рублей до 2030 года на замену более 150000 км сетей, включая сети теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения [4]. К 2030 году предполагается снизить показатель аварийности на 18,4% и повысить экономическую эффективность отрасли [5].

Постановлением Правительства Нижегородской области от 28 апреля 2023 г. №366 была утверждена региональная программа Нижегородской области «Модернизация систем коммунальной инфраструктуры (2023–2027 годы)». Основной задачей данной программы является «повышение качества и надежности предоставления коммунальных услуг населению Нижегородской области посредством модернизации объектов коммунальной инфраструктуры, в т.ч. модернизации, реконструкции и капитального ремонта линейных объектов» [5]. В программе дается оценка технического состояния коммунальных сетей на территории Нижегородской области, в том числе и систем теплоснабжения: «на территории Нижегородской области эксплуатируются: 3,99 тыс. км тепловых сетей, из них нуждающихся в замене 1,97 тыс. км» [5]. Для повышения надёжности и эффективности работы необходимо строить, модернизировать и восстанавливать не менее 5% в год всей инфраструктуры системы теплоснабжения.

Высокий износ систем теплоснабжения является причиной частых аварийных ситуаций, в результате которых подтапливаются территории, объекты социальной инфраструктуры и подвалы жилых и общественных зданий, проседает дорожное покрытие, загрязняются верхние слои почвы. Данная проблема наблюдается практически на всей территории России, поэтому необходимо выполнение мероприятий по модернизации, реконструкции и капитальному ремонту систем коммунальной инфраструктуры.

На рис. 2 приведены регионы с самой высокой долей тепловых сетей, подлежащих замене, на конец 2023 года, % [2].



При ремонте и реконструкции сетей теплоснабжения для снижения тепловых потерь, а, следовательно, повышения энергоэффективности работы всей системы в целом, необходимо применение качественной современной изоляции.

Существующие тепловые системы, в основной своей массе, проектировались и создавались без учета возможностей, появившихся на теплоэнергетическом рынке в течение последних 10 лет. В середине 70-х годов началась работа по увеличению эффективности котлоагрегатов энергетической сферы. И в конце XX века энерговырабатывающие объекты получили на вооружение большое количество эффективных технологий, позволяющих повысить надежность и экономичность работы уже существующих тепловых систем. Именно в теплоснабжении заложены наиболее крупные резервы энергосбережения, достигающие 40-50% от всего теплопотребления [6-8].



Рис. 2. Диаграмма регионов с самой высокой долей тепловых сетей, подлежащих замене, на конец 2023 года, % [2].

Основной функцией энергосбережения является снижение потерь на участках:

- генерации тепловой энергии (в котельных),
- транспортировки тепловой энергии потребителю (трубопроводы тепловых сетей),
- потребления тепловой энергии (отапливаемый объект) [7, 9-12].

На участке производства тепловой энергии при номинальной мощности котлоагрегата присутствует три вида основных потерь:

- с недожогом топлива и уходящими газами (не более 18%),
- потери энергии через обмуровку котла (не более 4%),
- потери с продувкой и на собственные нужды котельной (около 3%).

На участках транспортировки к потребителю тепловая энергия, переданная котельной теплоносителю, поступает в теплотрассу и следует на объекты потребителей. Общая величина потерь обычно не превышает 5-7%. При



протяженности трубопроводов более 2 км качество тепловой изоляции теплотрасс и иные факторы оказывают значительное влияние на величину тепловых потерь, увеличивающихся до 25% [7- 9, 11].

Наибольшие потери теплоты у потребителей связаны, например, с неравномерным распределением теплоносителя (5-15%), с несоответствием температурного графика погодным условиям (15-20%). Общие неявные потери теплоты у потребителя могут достигать 35% от тепловой нагрузки [8, 13- 15].

В настоящее время проблема тепловой изоляции является одной из ключевых при модернизации тепловых сетей. Применение традиционной изоляции увеличивает толщину используемого материала, что приводит к увеличению массивности конструкции и повышению трудоемкости монтажа, соответственно возрастает стоимость. Использование современных видов тепловой изоляции на предизолированных трубах способствует повышению энергоэффективности и надежности работы систем теплоснабжения.

В сфере теплоснабжения множество задач, решать которые необходимо системно, а именно:

- 1) определить основные направления, базирующиеся на комплексном подходе по реформированию системы теплоснабжения;
- 2) обеспечить привлекательность проектов реконструкции систем централизованного теплоснабжения поставкой качественной продукции;
- 3) повышать экономичность работы существующих котлоагрегатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комитет ГД рассмотрит законопроект о готовности теплосетей к отопительному сезону /ТАСС/. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/19698223> (дата обращения 25.11.2024). – Текст : электронный.
2. Тепловые сети в России: комплексный подход к модернизации. – URL: <https://sber.pro/publication/teplovie-seti-v-rossii-kompleksnii-podhod-k-modernizatsii> (дата обращения 25.11.2024). – Текст : электронный.
3. До 2030 года на модернизацию сферы ЖКХ направят 4,5 трлн рублей. – URL: <https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2024/02/29/1023035-do-2030-goda-na-yusclid=m3wsmgbd69749064519> (дата обращения 25.11.2024). – Текст : электронный.
4. Глава Минстроя России принял участие в заседании Совета Федерации по модернизации коммунальной инфраструктуры. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/press/glava-minstroya-rossii-prinyal-uchastie-v-zasedanii-soveta-federatsii-po-modernizatsii-kommunalnoy-i> (дата обращения 25.11.2024). – Текст : электронный.
5. Об утверждении региональной программы Нижегородской области «Модернизация систем коммунальной инфраструктуры (2023-2027 годы) : постановление Правительства Нижегородской области от 28 апреля 2023 г. №366» : [редакция от 23.12.2024]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.11.2024). – Текст : электронный.
6. Басин, А. С. Главные проблемы теплорезопасности и теплоснабжения Сибири / А. С. Басин. – Текст : непосредственный // Энергетика: экология, надёжность, безопасность. – 2002. – Том 1. – С. 3–7.
7. Басин, А. С. Общие и региональные проблемы надёжности теплоснабжения населения в городах / А. С. Басин. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2001. – № 11. – С. 60–67.



8. Состояние, проблемы и перспективы развития централизованного теплоснабжения Новосибирска / А. С. Басин, Л. В. Драгунов, В. В. Калинин [и др.]. – Текст : непосредственный // Теплоэнергоэффективные технологии. – 1999. – № 2. – С. 44–46.

9. Моисеев, Б. В. Надежность функционирования системы теплоснабжения на нефтегазопромыслах Западной Сибири / Б. В. Моисеев. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Нефть и газ. – 1998. – № 3. – С. 90–95.

10. Моисеев, Б. В. Энергосберегающие технологии при сооружении трубопроводов тепловых сетей / Б. В. Моисеев, В. В. Ильин, Н. В. Налобин. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2005. – № 2. – С. 75–78.

11. Моисеев, Б. В. Оптимизация работы тепловых сетей в условиях Западной Сибири / Б. В. Моисеев, А. Ф. Шаповал, В. П. Богомлов. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Нефть и газ. – 1997. – № 4. – С. 58–62.

12. Особенности сооружения теплопроводов в районах Западной Сибири / А. Ф. Шаповал, В. В. Ильин, Б. В. Моисеев [и др.]. – Текст : непосредственный // Техника и технология добычи нефти и обустройство нефтяных месторождений: обзорная информация. – 1988. – Выпуск 17. – С. 9–10.

13. Размазин, Г. А. Новые технологии / Г. А. Размазин. – Текст : непосредственный // НТЖ Строительный вестник Тюменской области. – 1998. – № 4 (5). – С. 15–16.

14. Энергоэффективные технологии в системе теплоснабжения / Г. А. Размазин, Б. В. Моисеев, А. Ф. Шаповал [и др.]. – Текст : непосредственный // НПЖ Энергетика Тюменского региона. – 1999. – № 5(6). – С. 33–34.

15. Чистович, С. А. Основные направления развития теплоснабжения России / С. А. Чистович. – Текст : непосредственный // Информационный бюллетень. – 2000. – № 3. – С. 5–7.

KOCHEVA Marina Alekseevna, candidate of technical sciences, professor of the chair of heat and gas supply; GOTULEVA Yuliya Vasilevna, senior teacher of the chair of heat and gas supply

ANALYSIS AND WAYS TO IMPROVE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF THE HEATING SUPPLY SYSTEM OF NIZHNY NOVGOROD AND NIZHNY NOVGOROD REGION

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-03-82; e-mail: lisena2002-2015@mail.ru

Key words: heat supply system, worn-out networks, modernization of the communal structure, thermal insulation, heat loss.

The article analyzes the degree of deterioration of heat supply systems in Russia and Nizhny Novgorod region, examines current programs and possible ways to solve problems to improve the reliability and efficiency of heat supply systems.

REFERENCES

1. Komitet GD rassmotrit zakonoproekt o gotovnosti teplosetey k otopitelnomu sezonu /TASS/ [The State Duma Committee will consider a draft law on the readiness of heating networks for the heating season/TASS/]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/19698223> (accessed: 25.11.2024).



2. Teplovye seti v Rossii: kompleksnyy podkhod k modernizatsii [Heating networks in Russia: an integrated approach to modernization]. URL: <https://sber.pro/publication/teplovie-seti-v-rossii-kompleksnii-podhod-k-modernizatsii> (accessed: 25.11.2024).
3. Do 2030 goda na modernizatsiyu sfery ZHKKH napravlyat 4,5 trln rubley [By 2030, 4.5 trillion rubles will be allocated for the modernization of the housing and communal services sector]. URL: <https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2024/02/29/1023035-do-2030-goda-na?ysclid=m3wsmgbd69749064519> (accessed: 25.11.2024).
4. Glava Minstroya Rossii prinyal uchastie v zasedanii Soveta Federatsii po modernizatsii kommunalnoy infrastruktury [The Head of the Ministry of Construction of the Russian Federation took part in a meeting of the Federation Council on the modernization of municipal infrastructure]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/press/glava-minstroya-rossii-prinyal-uchastie-v-zasedanii-soveta-federatsii-po-modernizatsii-kommunalnoy-i> (accessed: 25.11.2024).
5. Ob utverzhdenii regionalnoy programmy Nizhegorodskoy oblasti «Modernizatsiya sistem kommunalnoy infrastruktury (2023-2027 gody) [On Approval of the regional program of the Nizhny Novgorod Region "Modernization of municipal infrastructure systems (2023-2027)]: postanovlenie Pravitelstva Nizhegorodskoy oblasti ot 28 aprelya 2023 g. №366» : [redaktsiya ot 23.12.2024]. URL: <http://www.consultant.ru> (accessed: 25.11.2024).
6. Basin A. S. Glavnye problemy teplobezopasnosti i teplosnabzheniya Sibiri [The main problems of thermal safety and heat supply in Siberia]. Energetika: ekologiya, nadyozhnost, bezopasnost [Energy: ecology, reliability, safety]. Tomsk, 2002, Vol. 1, P. 3-7.
7. Basin A. S. Obshchie i regionalnye problemy nadyozhnosti teplosnabzheniya naseleniya v gorodakh [General and regional problems of reliability of heat supply to the population in cities]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo [News of universities. Construction]. 2001, № 11, P.60-67.
8. Basin A.S., Dragunov L.V., Kalinin V.V., Kozhin A.Yu., Zakharov A.N., Ostrovsky V.V., Voronov N.T., Pyanov V.G., Zorin V.G., Klimov A.M. Sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya tsentralizovannogo teplosnabzheniya Novosibirsk [The state, problems and prospects of development of centralized heat supply in Novosibirsk]. Teploenergoeffektivnye tekhnologii [Heat and energy efficient technologies]. 1999, № 2, P. 44-46.
9. Moiseev B. V. Nadezhnost funktsionirovaniya sistemy teplosnabzheniya na neftegazopromyslakh Zapadnoy Sibiri [Reliability of the functioning of the heat supply system in the oil and gas fields of Western Siberia]. Izvestiya vuzov. Neft i gaz [News of universities . Oil and Gas Studies]. Tyumen, 1998, № 3, P. 90-95.
10. Moiseev B. V., Ilyin V. V., Nalobin N. V. Energoberegayushchie tekhnologii pri sooruzhenii truboprovodov teplovykh setey [Energy-saving technologies in the construction of pipelines of thermal networks]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo [News of universities. Construction]. 2005, № 2, P. 75-78.
11. Mosiseev B. V., Shapoval A. F., Bogomlov V. P. Optimizatsiya raboty teplovykh setey v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [Optimization of thermal networks in Western Siberia]. Izvestiya vuzov. Neft i gaz [News of universities . Oil and Gas Studies]. Tyumen, 1997. №4, P. 58-62.
12. Shapoval A. F., Ilyin V. V., Moiseev B. V. et al. Osobennosti sooruzheniya teploprovodov v rayonakh Zapadnoy Sibiri [Features of the construction of heat pipelines in the regions of Western Siberia] Tekhnika i tekhnologiya dobychi nefti i obustroystvo neftyanykh mestorozhdeniy: obzornaya informatsiya [Technique and technology of oil production and development of oil fields: overview information]. 1988, Issue 17, P. 9-10.
13. Razmazin G. A. Novye tekhnologii [New technologies] NPZH Energetika Tyumenskogo regiona [Construction bulletin of the Tyumen region]. Tyumen, 1998, № 4 (5), P. 15-16.
14. Razmazin G. A., Moiseev B. V., Shapoval A. F. et al. Energoeffektivnye tekhnologii v sisteme teplosnabzheniya [Energy-efficient technologies in the heat supply system] NPZH



Energetika Tyumenskogo regiona [Energy in the Tyumen region]. Tyumen, 1999, № 5(6), P. 33-34.

15. Chistovich S. A. Osnovnye napravleniya razvitiya teplosnabzheniya Rossii [The main directions of development of heat supply in Russia] Informatsionnyy byulleten [Information bulletin]. 2000, №3, P. 5-7.

© **М. А. Кочева, Ю. В. Готулева, 2025**

Получено: 10.12.2024 г.



УДК 628.544:661.847.532

Е. М. ГЮЛЬХАНДАНЬЯН, канд. техн. наук, доцент кафедры «Общие дисциплины»; **А. С. ПАКШВЕР**, канд. техн. наук, зав. кафедрой «Общие дисциплины»

ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФИДА ЦИНКА ИЗ ШЛАМА – ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ВИСКОЗНОГО ВОЛОКНА

Чукотский филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»

Россия, 689000, Чукотский АО, г. Анадырь, ул. Студенческая, д. 3.

Тел.: 8(42-722) 2-49-54; эл. почта: chukotka@s-vfu.ru

Ключевые слова: элементный состав шлама – отхода производства вискозного волокна, извлечение цинка из шлама, получение сульфида цинка.

Изучены условия гидрометаллургического извлечения наиболее вредного компонента – цинка из шлама производства вискозного волокна. Для повышения степени извлечения цинка из отходов, шлам предварительно обезвоживают, сушат и обжигают. Наиболее эффективным признано извлечение цинка из шлама после обжига раствором серной кислоты, с последующей химической обработкой до конечного продукта – сульфида цинка.

В Советском Союзе не уделялось должного внимания бытовым и промышленным отходам, в этой связи 13 апреля 2017 года Постановлением Правительства РФ № 455 были утверждены Правила ведения Государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде (ОНВОС). На начало 2023 года в Российской Федерации (РФ) в этот реестр было включено 683 объекта. Второе место по количеству выявленных объектов приходится на шламонакопители (6,1%). Из них на настоящий момент ликвидировано 54,8% от общего числа выявленных объектов данной категории [1].

С 2024 года появился федеральный проект «Генеральная уборка», нацеленный на очистку территории страны от ОНВОС до 2030 года [2].

Большое внимание в нашей стране в Советское время уделялось производству искусственного вискозного волокна, которое отличается высокими потребительскими свойствами. Многочисленные предприятия по выпуску этого волокна были разбросаны по всей территории страны в городах: Ленинград, Красноярск, Калинин (Тверь), Клин МО, Мытищи МО, Могилёв БССР, Сокаль УССР, Киев УССР, Балаково Саратовской области и др.

Получение вискозных волокон состоит из трех основных стадий: получение вискозы, формование и отделка. Формование волокон происходит в осадительной ванне (раствор серной кислоты, солей сульфатов натрия и цинка) за счет коагуляции раствора вискозы после продавливания через фильеру. Кислые сточные воды из осадительных ванн смешивают со щелочными сточными водами из диализаторов для нейтрализации. В итоге получают текущий шлам производства вискозного волокна, который перед сбросом в шламонакопители обрабатывают известью. Шламонакопители были рассчитаны на эксплуатацию в

течение 15-20 лет. В настоящее время на территории РФ не осталось ни одного предприятия по выпуску вискозного волокна и прекращен сброс сточной воды в шламонакопители.


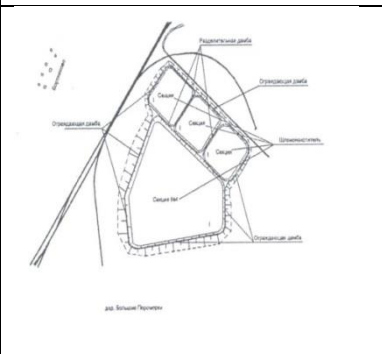

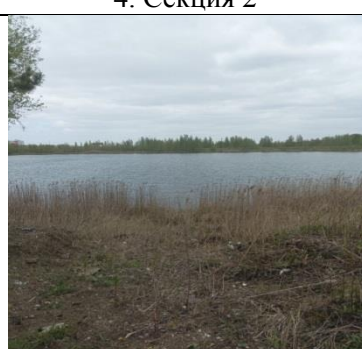
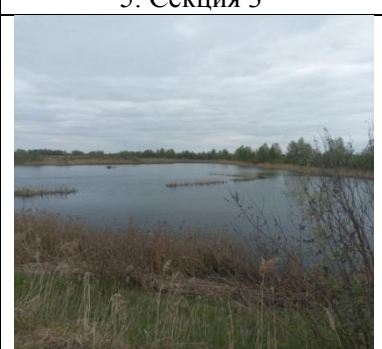
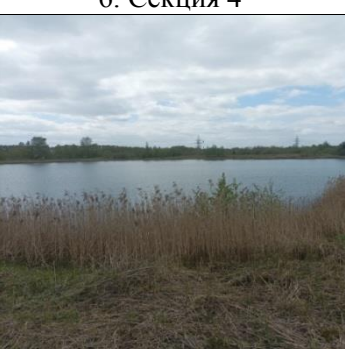
Общее количество шламонакопителей на начало 2023 года составляло 42 объекта, из них на данный момент времени ликвидировано 23 или 54,8% от общего числа выявленных шламонакопителей.

На Волге, как известно, расположены города Балаково и Тверь. По оценкам экологов, в Волжском бассейне отмечается высокая степень загрязнения: объем сточных вод, сбрасываемых в реку, составляет 38% от общего объема по всей территории РФ. С ними в реку попадает более 2,5 млн т загрязняющих веществ в год. Вызывает тревогу у специалистов и общая экологическая ситуация: нагрузка на водные ресурсы реки в 8 раз выше, чем в среднем по России [3, 4].

В Твери шламонакопители расположены в промышленной зоне города примерно в 1,5 км от реки Волга. Производство вискозной нити в этом городе было запущено в 1971 году и до его закрытия в 2001 году перегоняло по трубам цинкосодержащую пульпу в шламонакопители. Котлован для шлама поделен на три секции и огражден дамбой. Глубина котлована 4 метра, дно и откосы покрыты гидроизоляционным экраном – полуметровым слоем суглинка. Сооружение рассчитано на 390 тыс. м³ шлама, занимает по площади около 13 гектаров земли в черте города (табл. 1).

Таблица 1

Шламонакопители производства вискозного волокна в г. Твери

1. Шлам	2. Схема шламонакопителей	3. Секция 1
		
4. Секция 2	5. Секция 3	6. Секция 4
		

На момент закрытия производства вискозы шламонакопители за 30 лет выработали свой эксплуатационный ресурс. Более двух десятилетий содержимое шлама представляет экологическую угрозу для водного бассейна реки Волга. В



настоящее время состояние шламонакопителей выглядит как отдельные пруды, покрытые слоем воды, под которым находится шлам в виде уплотненного осадка. В табл. 1 расположены снимки шлама, схемы расположения секций шламонакопителей и фото отдельных секций.

Предварительно анализ элементного состава шлама выполнен независимой организацией – Научно-производственным внедренческим предприятием «Микротек» г. Москвы с использованием энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа, методом ядерных реакций на приборах рентгеновский спектрофотометр PV 9500 Phillips, многоканальный анализатор IN-96B Intertecnic. Результаты элементного состава шлама представлены в табл. 2.

Таблица 2

Элементный состав шлама (донных отложений)

Элемент	Среднее содержание *, % масс.	Элемент	Среднее содержание *, % масс.
O	37,0	Mg, N	< 1,0
Ca	19,3	Al	0,8
C	13,0	Cl	< 0,5
Zn	11,1	K	0,3
S	3,9	Ti, Cr, Mn	0,2
Fe	2,5	Ni, Cu	< 0,2
Si	1,8	As, Sr, Y, Zr, Mo Ba, La, Ce, Pb	< 0,05
H ₂ O**	10,0		

Примечание:

* Среднее арифметическое трех результатов параллельных определений

** Потери при прокаливании при температуре 800⁰С

Высокое содержание цинка в шламе предполагает использовать отходы вискозного волокна в виде конечного продукта – сульфида цинка в производстве стекла, люминофоров или пигментов [5].

В условиях эксперимента наиболее экспрессным методом определения цинка является метод дифференциально-импульсной полярографии. Потенциал полуволны восстановления цинка составляет – 1,4 В. Определение цинка в твердых фазах проводили после перевода твердой фазы в раствор. Навеску шлама сплавляли с карбонатом калия и натрия (1:1) в серебряном тигле при 850 °С, выщелачивали плав соляной кислотой (1:1), раствор, содержащий цинк, переносили в мерную колбу, затем в ячейку для полярографирования.

До обработки химическими реагентами влажный шлам для удаления воды и летучих соединений фильтровали, подсушивали и обжигали. Исходный шлам с плотностью 1,21 кг/дм³ и рН = 9,1-9,5 отфильтрован на нутч-филт্রে с использованием фильтровальной бумаги. Выход фильтрата составил 33,11%, твердого шлама – 66,88% (с остаточной влажностью 29,51%). Содержание цинка (в пересчете на воздушно-сухой материал) – 8,92%, а в фильтрате – 0,36 г/л.

Перед обжигом шлам подсушивают до влажности 10–15%. Обжиг сухого шлама проводят в муфельной печи с ручным перемешиванием при t = 650°С. Установлено, что минимальная продолжительность обжига подсушенного шлама составляет один час. Выход прокаленного шлама (огарка – продукта обжига



шлама) – 78,5%. Содержание цинка в огарке – 11,3 %, что хорошо согласуется с данными, полученными независимой организацией (табл. 2).

После обжига огарок подвергается измельчению и классификации. Для выщелачивания используют фракцию – 0,25 мм.

Для извлечения цинка из отходов использовали кислотное выщелачивание. К раствору серной кислоты 200 см³ с концентрацией 200 г/л при постоянном перемешивании порциями добавляют 50 г огарка. Раствор может вспениваться. Отношение Т:Ж=1:4. Расход кислоты до нейтрализации – 347 кг на одну т огарка. Выщелачивание происходит в течение одного часа при температуре 80–90°C. Основные показатели процесса кислотного выщелачивания огарка приведены в табл. 3. Пульпа после выщелачивания поступает на стадию разделения фаз (фильтрация, сгущение, центрифугирование). Кек – нерастворимый твердый остаток, получаемый в процессе извлечения ценных компонентов, нерастворимый в серной кислоте, отделяется от фильтрата, а кислые растворы, содержащие цинк, поступают на дальнейшую обработку.

Таблица 3

Результаты одностадийного выщелачивания огарка

Продукты	Количество	Концентрация Zn	Zn, г	Zn, %
Огарок	50 г	11,3 %	5,65	100
Фильтрат	170 см ³	23,1 г/л	3,93	69,6
Промывка	430 см ³	2,73 г/л	1,18	20,9
Кислые растворы	600 см ³		5,11	90,4
Кек	50 г	1,08%	0,54	9,6

Таким образом, извлечение цинка в раствор составляет 90,4%.

Нейтрализация кислого раствора

С целью экономии кислоты и повышения степени извлечения цинка нейтрализацию избытка серной кислоты проводили огарком. Кислый фильтрат загружают в реактор, нагревают до 80°C и при перемешивании в течение часа добавляют порциями огарок до pH = 0,8. Результаты нейтрализации фильтрата огарком приведены в табл. 4.

Таблица 4

Нейтрализация фильтрата огарком

Продукты	Количество	Содержание Zn	Zn, г
Огарок	65 г	11,3 %	7,35
Фильтрат	190 см ³	34,6 г/л	6,57
Кек	66 г	7,13%	4,71

После нейтрализации фильтрата огарком концентрация цинка в растворе возрастает до 34,6 г/л. Пульпа направляется на фильтрацию. Кек содержит 7,13% цинка и поступает на первую ступень кислотного выщелачивания серной кислотой (200 г/л). В результате двухстадийного выщелачивания конечное содержание цинка в отвальном кеке составляет 0,41 %.

Очистка раствора цинка

Фильтрат 220 мл после нейтрализации огарком подается на коррекцию аммиаком до pH = 5 для осаждения железа и коагуляции кремневой кислоты. Для



этого фильтрат заливают в реактор, нагревают до 90°C и при перемешивании в течение часа добавляют аммиачную воду (табл. 5).

Таблица 5

Очистка раствора цинка аммиаком до pH = 5

Продукты	Количество	Концентрация Zn	Zn, г
Фильтрат	220 см ³	29,4 г/л	6,47
Кек	13 г	0,77%	0,1

После нейтрализации пульпа поступает на фильтрацию. Фильтрат направляется на осаждение сульфида цинка, кек – на захоронение.

Осаждение сульфида цинка

Для получения сульфида цинка для производства люминофоров в реакционный сосуд наливают 5 л раствора ZnSO₄ (концентрация 50 г/л), нагревают до 70–80°C, добавляют водный раствор аммиака до растворения осадка, затем прибавляют при перемешивании 150 г тиомочевины и 20 г буры. Процесс осаждения ZnS длится 1,5–2 часа. Либо в реактор с мешалкой заливают 0,5 моль/л раствор ZnSO₄, добавляют 1–2 г гексаметафосфата натрия и пропускают при перемешивании сероводород. Через 2,5–3 часа осаждение ZnS заканчивают.

Получение пигментного сульфида цинка повышенной белизны осуществляют следующим образом: из раствора сульфата цинка при взаимодействии с раствором аммиака получают тетрааммиакат цинка. Образовавшийся раствор соли тетрааммиаката цинка обрабатывают раствором сульфида аммония с получением суспензии сульфида цинка. Осадок сульфида цинка отделяют, сушат при 85±3°C и прокаливают в инертной атмосфере при 650±20°C в течение 40 мин. Получают пигментный сульфид цинка.

Удельный расход реагентов при выщелачивании огарка для получения одной тонны сульфида цинка из шлама производства вискозного волокна представлен в табл. 6.

Таблица 6

**Удельный расход реагентов при выщелачивании огарка
для получения сульфида цинка из шлама**

Огарок, т	Серная кислота 98%, т	Аммиак 25%, т
14,63	5,09	0,42

На рис. 1 показана технологическая схема извлечения соединений цинка из отходов производства вискозного волокна – шлама из шламонакопителей в городе Твери.

По принятой технологии извлечение цинка в раствор составляет 90,4%, а в конечный продукт сульфид цинка – 90,2%.

С учетом плотности шлама и объема шламонакопителей только в Твери запасы цинкосодержащего сырья составляют около 500 тыс. тонн, а в масштабах всей страны гораздо больше. Рыночная стоимость сульфида цинка на сегодняшний день составляет более 1000 руб./кг.

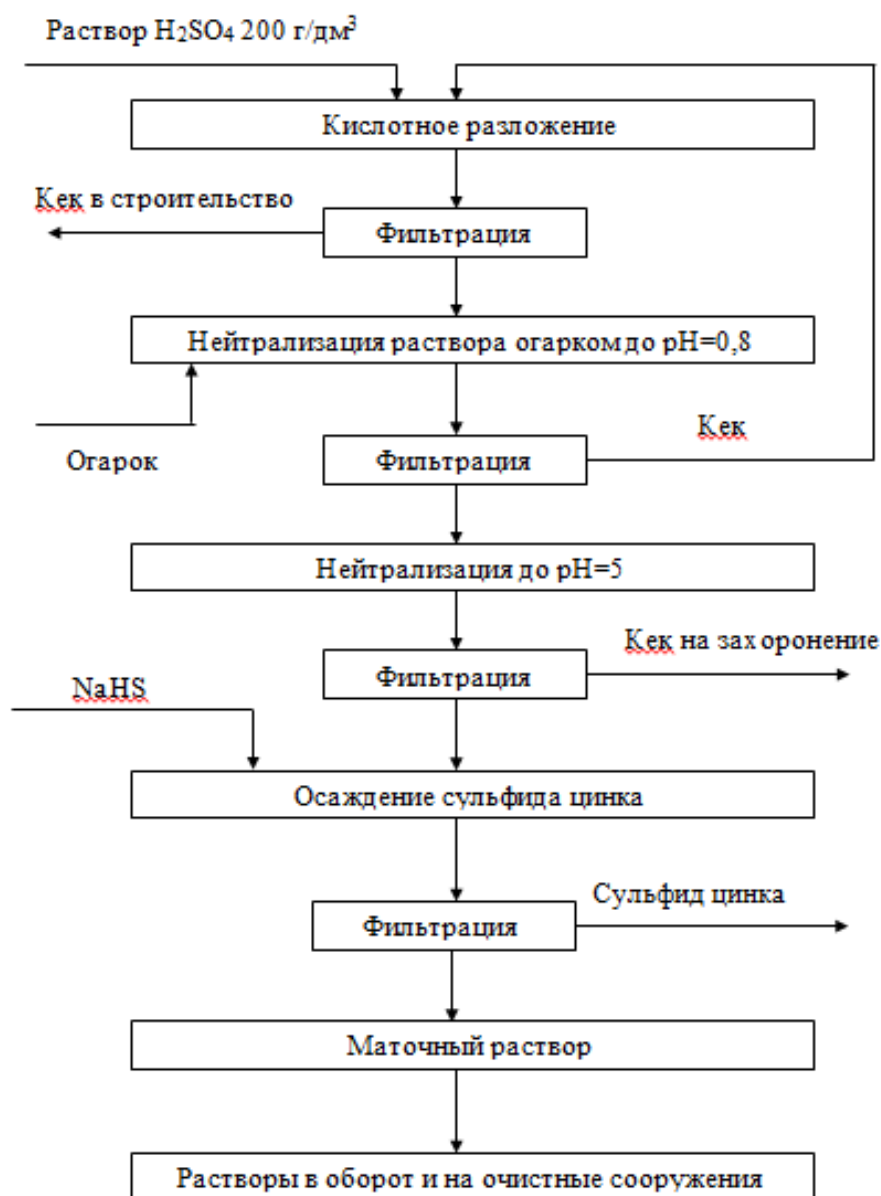


Рис.1. Технологическая схема получения сульфида цинка

Целесообразно организовать получение сульфида цинка на различных предприятиях, расположенных территориально в различных местах. На территории шламонакопителей на местах проводить извлечение шлама из прудов с отделением его от влаги центрифугированием. После подсушивания и отжига огарок с территории шламонакопителей по всей стране можно отправлять на одно предприятие по получению сульфида цинка по предложенной технологии.

Высокая стоимость конечного продукта может быть экономически выгодна для инвесторов, несмотря на высокие затраты на оборудование, химические реагенты и энергоёмкость предложенной технологии. Переработка шлама, содержащего цинк, несомненно, окажет благотворное влияние на окружающую среду и значительно увеличит по всей стране площади, необходимые для использования в экологически безопасных технологиях и производствах.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чуйков, Ю. С. Проблемы выявления и ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде в Российской Федерации / Ю. С. Чуйков, Л. Ю. Чуйкова. – Текст : электронный // Отходы и ресурсы. – 2024. – Том 11, № 1. – URL: <https://resources.today/PDF/04NZOR124>. – DOI 10.15862/04NZOR124.
2. Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде в рамках Федерального проекта "Генеральная уборка" / О. И. Алыкова, Ю. И. Арнаут, Л. Ю. Чуйкова, Ю. С. Чуйков. – Текст : электронный // Астраханский вестник экологического образования. – 2023. – № 4 (76). – С. 51–58. – DOI 10.36698/2304-5957-2023-4-51-58.
3. Оздоровление Волги – Национальный проект Экология. – Текст : электронный // Национальный проект Экология : сайт. – URL: <https://ecologyofrussia.ru/proekt/ozdorovlenie-volgi/>.
4. Белоусова, А. П. Диагностика экологического состояния бассейна реки Волги / А. П. Белоусова, Е. Э. Руденко. – Текст : непосредственный // Вода и экология: проблемы и решения. – Санкт-Петербург, 2020. – № 2 (82). – С. 12–26.
5. Материал ZnS (сульфид цинка). – Текст : электронный // Производственное предприятие. Электростекло : сайт. – URL: https://www.elektrosteklo.ru/ZnS_rus.htm.

GYULKHANDANYAN Elena Mikhailovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of general disciplines; PAKSHVER Anna Sergeevna, candidate of technical sciences, holder of the chair of general disciplines

PRODUCTION OF ZINC SULFIDE FROM SLUDGE – A WASTE PRODUCT OF VISCOSE FIBER PRODUCTION

Chukotka Branch of M. K. Ammosov North-Eastern Federal University
3, Studencheskaya St., Anadyr, 689000, Chukotka, Russia.
Tel.: 8 (42-722) 2-49-54; e-mail: chukotka@s-vfu.ru

Key words: elemental composition of sludge – waste product of viscose fiber production, zinc extraction from sludge, production of zinc sulfide.

The conditions for hydrometallurgical extraction of zinc, the most harmful component, from the sludge of viscose fiber production are studied. To increase the degree of zinc extraction from waste, the sludge is pre-treated by dewatering, drying, and roasting. The most effective is the extraction of zinc from the sludge after roasting with a solution of sulfuric acid, followed by chemical treatment to the final product – zinc sulfide.

REFERENCES

1. Chuykov Yu. S., Chuykova L. Yu. Problemy vyyavleniya i likvidatsii obektov nakoplennoy vreda okruzhayushchey srede v Rossiyskoy Federatsii [Problems of identification and elimination of objects of accumulated environmental damage in the Russian Federation]. Otkhody i resursy [Conservation and Recycling]. 2024, Vol. 11, № 1. URL: <https://resources.today/PDF/04NZOR124.pdf>. – DOI: 10.15862/04NZOR124.
2. Alykova O. I., Arnaut Yu. I., Chuykova L. Yu., Chuykov Yu. S. Likvidatsiya obektov nakoplennoy vreda okruzhayushchei srede v ramkakh Federalnogo proekta "Generalnaya uborka" [Liquidation of Objects of Accumulated Environmental Damage within the Framework of the Federal Project "General Cleaning"]. Astrakhanskiy vestnik ehkologicheskogo



obrazovaniya [Astrakhan Bulletin of Environmental Education]. 2023, № 4(76), P. 51-58. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-4-51-58.

3. Ozdorovlenie Volgi – Nacionalny proekt Ekologiya. [Improving the Volga River – National Ecology Project]. Nacionalny proekt Ekologiya. URL: <https://www.ecologyofrussia.ru/proekt/ozdorovlenie-volgi/>.

4. Belousova A. P. Diagnostika ekologicheskogo sostoyaniya basseyna reki Volgi [Diagnostics of the ecological state of the Volga River basin]. Voda i ekologiya: problemy i resheniya. [Water and ecology: problems and solutions]. Saint Petersburg, 2020, № 2 (82), P. 12-26.

5. Material ZnS (sulfid cinka) [Material ZnS (zinc sulphide)]. Proizvodstvennoe predpriyatie Elektrosteklo. URL: https://www.elektrosteklo.ru/ZnS_rus.htm.

© Е. М. Гюльханданьян, А. С. Пакшвер, 2025

Получено: 23.06.2024 г.



УДК 621.17

Е. С. ЛАПИН, канд. техн. наук, доц. кафедры теплоэнергетических систем;
А. П. ЛЕВЦЕВ, д-р техн. наук, проф. кафедры теплоэнергетических систем;
Е. С. СЕРГУШИНА, зам. директора по учебной работе многопрофильного колледжа;
С. А. ПАНФИЛОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры электроники и электротехники,
О. В. КАБАНОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры электроники и электротехники

СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

ФГБОУ ВО «НИ МГУ им Н.П. Огарева»

Россия, 430005, Республика Мордовия, Саранск, Большевицкая улица, д. 68/1.

Тел.: +7 (8342) 24-37-32; эл. почта: mrsu@mrsu.ru

Ключевые слова: отопление, эффективность, проблемы, стратегия, температура, импульсный режим.

В данной статье рассматриваются проблемы и современные решения, связанные с эффективностью систем отопления. Описаны недостатки зависимости отопительных систем от тепловых сетей, такие как перегрев обратного трубопровода и нарушения температурного режима. Подчеркивается важность пульсирующего потока теплоносителя, который может повысить эффективность отопления до 40%. Приводятся результаты исследований, подтверждающие увеличение теплопередачи и эффективности отопительных систем при использовании новых технологий и стратегий.

Зависимость систем отопления от тепловых сетей не лишена недостатков. Один из них – перегрев обратного трубопровода при колебаниях давления в сети, что приводит к несоответствию температурного режима [1-26]. Проблему можно решить установкой дополнительных насосов для перемешивания теплоносителя из обратки в подачу.

Для стабилизации гидравлического режима в длинных сетях устанавливают дроссельные шайбы. Например, на тепловых станциях ОАО «МОЭК» установлено свыше 9500 таких шайб. Отопительные приборы подвергаются активной оптимизации гидравлического режима с использованием подмешивающих насосов. Это способствует значительному увеличению скорости движения теплоносителя в настоящее время. Особо важной занимательной задачей является формирование пульсирующего потока теплоносителя в системе отопления, что повышает эффективность до 40% при низких температурах. Современные методы для улучшения эффективности включают прерывистое отопление офисных зданий с экономией до 40% и импульсное теплоснабжение с экономией до 28% [1-7].

Использование регулирующих клапанов может нарушить гидравлический режим сети и снизить эффективность работы отопительных устройств. Поэтому в новых строениях все чаще используют пластинчатые радиаторы, такие как *PURMO* и аналоги.

Нами разработана стратегия повышения энергоэффективности систем теплоснабжения помещений зданий, представленная на рис. 1.

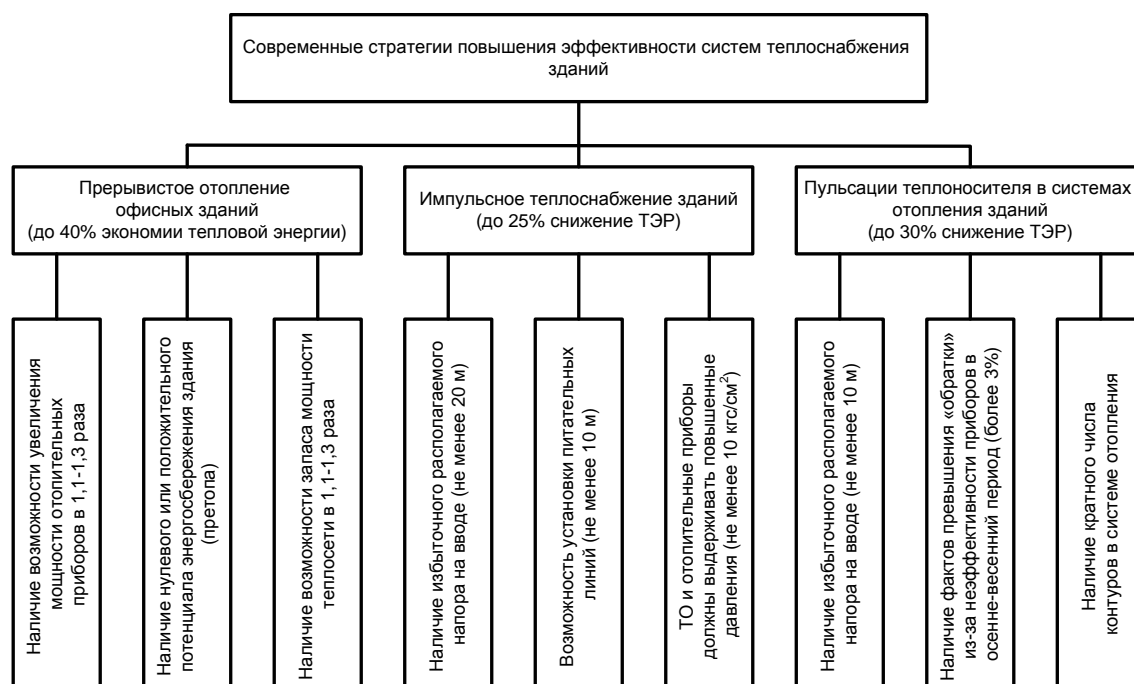


Рис. 1. Диаграмма стратегии повышения эффективности систем теплоснабжения помещений зданий

Исследования в области улучшения систем отопления зданий с саморегулирующимися элементами и реализацией пульсирующего режима остаются важными и актуальными для практики. Анализ данных показывает, что использование пульсирующего течения теплоносителя приводит к более равномерному распределению температуры на поверхности саморегулирующихся элементов, что существенно повышает эффективность работы системы отопления [3-5].

Данное исследование предоставляет выводы сравнительных тестов, проведенных с целью анализа изменения температуры на внешней поверхности радиатора модели БМ РБС-500 при постоянном потоке в стационарном и переменном режимах циркуляции теплоносителя.

На рис. 2 приведена диаграмма распределения точек секционного биметаллического радиатора в зависимости от уровней температур [6-11].

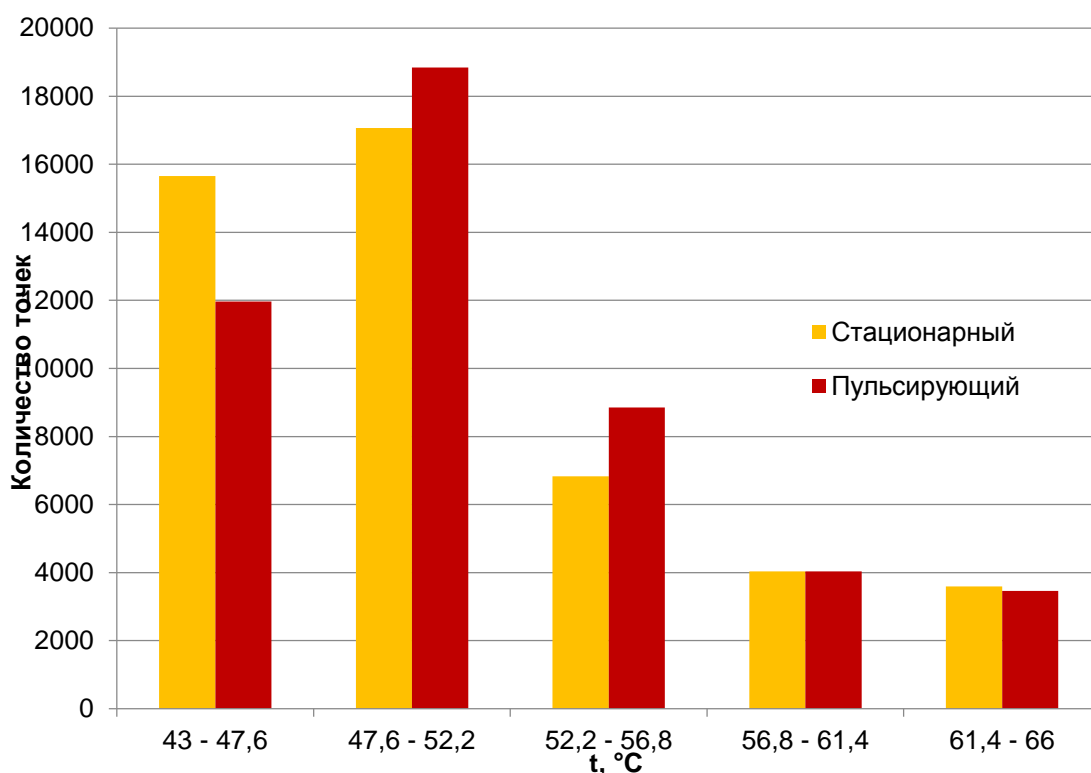


Рис. 2. Диаграмма распределения точек секционного биметаллического радиатора в зависимости от уровней температур

В Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете совместно с ФГБОУ ВО НИ МГУ им. Н.П. Огарева проводились углубленные исследования по улучшению процесса теплопередачи в специализированных каналах. Нововведения в области теплопередачи способны кардинально повысить эффективность отопительных систем. Турбулизация потока теплоносителя приводит к значительному повышению теплопередачи на поверхностях теплообменников, что особенно важно для новых моделей микроканальных теплообменников [7-12].

Теплопередача зависит от времени прерывания потока теплоносителя. Исследования показали, что увеличение теплопередачи на уровне 25% достигается при частоте около 1 Гц. При использовании импульсного режима при той же частоте также наблюдалось увеличение теплопередачи до 40%. Это демонстрирует необходимость развития современных методов регулирования потоков теплоносителя для повышения энергоэффективности оборудования [12-16].

Усиление теплопередачи также наблюдалось на более низких частотах для жидких сред. Исследования влияния импульсного потока на потребление энергии панельных радиаторов показывают повышение эффективности на 20% при определенных параметрах. Это подчеркивает значимость научных исследований в области оптимизации энергопотребления и теплопередачи в различных типах обогревательного оборудования [16-19].

Среди стратегий отопления привлекает внимание технология с пульсирующей циркуляцией теплоносителя. Эта методика описана в различных



публикациях, где рассматривается положительный опыт применения колеблющихся потоков в теплообменном оборудовании для независимых систем теплоснабжения. При этом, для реализации таких методик в промышленности и бытовой сфере требуются дополнительные исследования и разработки для оптимального использования данной технологии.

За счет ограничения тепловой энергии в нерабочие часы, стратегия прерывистого отопления зданий обсуждается в мировой практике. Это чередование периодов прогрева и охлаждения позволяет экономить до 20% тепловой энергии. Однако такая стратегия требует дополнительных затрат на увеличение мощности отопительного оборудования. Следовательно, дальнейшие исследования в области оптимизации времени работы отопительных систем и снижения энергопотребления могут привести к значительному уменьшению экологического следа и экономии ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адлер, Ю. П. Введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер. – Москва : Металлургия, 1969. – 157 с. – Текст : непосредственный.
2. Амосов, А. А. Вычислительные методы для инженеров : учебное пособие для втузов / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченкова. – 2-е изд., доп. – Москва : Изд-во МЭИ, 2003. – 596 с. – Текст : непосредственный.
3. Анисимова, Е. Ю. Эффективность управления микроклиматом здания в нерабочее время / Е. Ю. Анисимова, В. И. Панферов. – Текст : непосредственный // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2014. – № 2 (146). – С. 72–78.
4. Бодров, М. В. Оценка эффективности систем водяного отопления при проведении капитального ремонта многоквартирных жилых домов / М. В. Бодров, В. Ф. Бодрова, М. С. Морозов. – Текст : непосредственный // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы XVI Международной научной конференции, Флоренция, 16-29 сентября 2018 года. – Флоренция : Волгоградский государственный медицинский университет, 2018. – С. 211–217.
5. Бодров, М. В. Теплотехнические измерения и приборы : учебное пособие / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2015. – 176 с. – ISBN 978-5-528-00053-4. – Текст : непосредственный.
6. Валуева, Е. П. Введение в механику жидкости : учебное пособие / Е. П. Валуева, В. Г. Свиридов. – Москва : Изд-во МЭИ, 2001. – 212 с. – ISBN 5-7046-0666-0. – Текст : непосредственный.
7. Валуева, Е. П. Гидродинамика и теплообмен при пульсирующем с большими амплитудами ламинарном течении в каналах / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Теплофизика и аэротехника. – 2018. – Том 23, № 5. – С. 735–746.
8. Валуева, Е. П. Гидродинамика и теплообмен пульсирующего ламинарного потока в каналах / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Теплоэнергетика. – 2015. – № 9. – С. 24–33.
9. Конструктивные особенности и оценка работы оборудования для импульсной подачи теплоносителя / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, М. В. Бikuнова, В. В. Салмин. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2018. – № 4(37). – С. 151–158.
10. Валуева, Е. П. Исследование теплообмена при пульсирующем ламинарном течении в прямоугольных каналах с граничным условием первого рода / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Теплофизика высоких температур. – 2017. – Том 55. – № 4. – С. 638–641.



11. Валуева, Е. П. Особенности гидродинамики и теплообмена при течении в микроканальных технических устройствах / Е. П. Валуева, А. Б. Гаряев, А. В. Клименко. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. – 140 с. – ISBN 978-5-383-01068-6. – Текст : непосредственный.
12. Валуева, Е. П. Особенности процесса конвективного теплообмена при пульсирующем турбулентном течении жидкости в трубе / Е. П. Валуева // Доклады академии наук. – 1999. – Выпуск 367. – № 3. – С. 333–337.
13. Валуева, Е. П. Пульсирующее ламинарное течение в прямоугольном канале / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Теплофизика и аэромеханика. – 2015. – Том 22, № 6. – С. 761-773.
14. Валуева, Е. П. Теплопередача при ламинарном пульсирующем течении в круглой трубе / Е. П. Валуева, В. Н. Попов, С. Ю. Романова. – Текст : непосредственный // Теплоэнергетика. – 1993. – № 8. – С. 47-54.
15. Панфилов, С. А. Метод исследования параметров теплового режима помещения здания для настройки энергоэффективной системы отопления / С. А. Панфилов, О. В. Кабанов, В. Т. Ерофеев. – Текст : непосредственный // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : сборник научных трудов РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва : АСВ, 2022. – Том 2. – С. 310-320.
16. Патент № 2781893 С1 Российская Федерация, МПК F24D 15/00, G05D 23/00. Способ определения минимального времени включения системы отопления на нагрев помещения здания : № 2021135973 : заявл. 07.12.2021 : опубл. 19.10.2022 / О. В. Кабанов, С. А. Панфилов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". – Текст : непосредственный.
17. Гершкович, В. Ф. О возможности практической реализации регулирования теплопотребления зданий методом периодического прерывания потока теплоносителя / В. Ф. Гершкович. – Текст : непосредственный // Новости теплоснабжения. – 2000. – № 2 – С. 63–71.
18. Гортышов, Ю. Ф. Теплогидравлический расчет и проектирование оборудования интенсифицированным теплообменом / Ю. Ф. Гортышов, В. В. Олимпиев, Б. Е. Байгалиев. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. – 432 с. – ISBN 5-7579-0712-6. – Текст : непосредственный.
19. Патент № 2716545 С1 Российская Федерация, МПК F24D 3/00, F24D 17/00. Система теплоснабжения и способ организации ее работы : № 2019131243 : заявл. 03.10.2019 : опубл. 12.03.2020 / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, А. А. Голянин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". – Текст : непосредственный.
20. Патент № 2754569 С1 Российская Федерация, МПК F24D 3/02. Система отопления здания независимого присоединения с организацией в ней пульсирующего режима движения теплоносителя : № 2020134571 : заявл. 21.10.2020 : опубл. 03.09.2021 / А. П. Левцев, А. А. Голянин, Е. С. Лапин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – Текст : непосредственный.
21. Термическое сопротивление наружных ограждающих конструкций при переменном тепловом потоке / В. Т. Ерофеев, Т. Ф. Ельчищева, А. П. Левцев [и др.]. – Текст : электронный // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – № 10. – С. 4–13. – DOI 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13.



22. Валуева, Е. П. Численное моделирование теплообмена при пульсирующем ламинарном течении в плоском канале / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Вестник МЭИ. – 2016. – № 5. – С. 123–132.

23. Галицейский, Б. М. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках / Б. М. Галицейский, Ю. А. Рыжов, Е. В. Якуш. – Москва : Машиностроение, 1977. – 256 с. – Текст : непосредственный.

24. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617121 Российская Федерация. Программа адаптивного управления тепловым режимом помещения здания : № 2022615826 : заявл. 06.04.2022 : опубл. 18.04.2022 / О. В. Кабанов, С. А. Панфилов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – Текст : непосредственный.

25. Кабанов, О. В. Совершенствование режимов подачи энергоносителя в системах автономного отопления производственных помещений зданий : специальность 2.1.3 : диссертация на соискание ученой степен и кандидата технических наук / Кабанов Олег Владимирович ; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2023. – 169 с. – Текст : непосредственный.

26. Levsev, A. P. Increasing the heat transfer efficiency of sectional radiators in building heating systems / A. P. Levsev, E. S. Lapin, Q. Zhang // Magazine of Civil Engineering. – 2019. – № 8(92). – P. 63-75. – DOI 10.18720/MCE.92.5.

LAPIN Evgeny Sergeevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and power systems; LEVTSEV Aleksey Pavlovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of heat and power systems; SERGUSHINA Elena Sergeevna, deputy director for academic affairs of multidisciplinary college; PANFILOV Stepan Aleksandrovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of electronics and electrical engineering; KABANOV Oleg Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of electronics and electrical engineering

STRATEGIES FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF PULSE HEATING SYSTEMS

National Research Ogarev Mordovia State University

68/1, Bolshevistskaya St., 430005, Saransk, Russia.

Tel.: +7 (8342) 24-37-32; e-mail: mrsu@mrsu.ru

Key words: heating, efficiency, problems, strategy, temperature, pulse mode.

This article discusses the problems and modern solutions related to the efficiency of heating systems. It describes the disadvantages of heating systems depending on heating networks, such as overheating of the return pipeline and violations of the temperature regime. It emphasizes the importance of pulsating coolant flow, which can increase heating efficiency by up to 40%. It presents research results confirming the increase in heat transfer and efficiency of heating systems using new technologies and strategies.

REFERENCES

1. Adler Yu. P. Vvedenie v planirovanie eksperimenta [Introduction to Experiment Planning]. Moscow, Metallurgiya, 1969, 157 p.



2. Amosov A. A., Dubinsky Yu. A., Kopchenova N. V. Vychislitelnye metody dlya inzhenerov [Computational Methods for Engineers]. 2nd ed., Moscow, Izd-vo MEI, 2003, 596 p.
3. Anisimova E. Yu., Panferov V. I. Effektivnost upravleniya mikroklimatom zdaniya v nerabochee vremya [Efficiency of building microclimate management during off-hours]. Santechnika, Otoplenie, Konditsionirovanie [Plumbing, Heating, Air Conditioning], 2014, № 2 (146), P. 72–78.
4. Bodrov M. V., Bodrova V. F., Morozov M. S. Otsenka effektivnosti sistem vodyanogo otopleniya pri provedenii kapitalnogo remonta mnogokvartirnykh zhilykh domov [Evaluation of the efficiency of water heating systems during major repairs of apartment buildings]. Kachestvo vnutrennego vozdukh i okruzhayushchey sredy [Quality of indoor air and the environment] : materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Florentsia, 16-29 sentyabrya 2018 goda. Florence, Volgogradskiy gosudarstvenny meditsinskiy universitet, 2018, P. 211–217.
5. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu. Teplotekhnicheskie izmereniya i pribory [Thermotechnical Measurements and Instruments]. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2015, 176 p.
6. Valueva E. P., Sviridov V. G. Vvedenie v mekhaniku zhidkosti [Introduction to Fluid Mechanics]. Moscow, Izd-vo MEI, 2001, 212 p.
7. Valueva, E. P., Purdin, M. S. Gidrodinamika i teploobmen pri pulsiruyushchem s bolshimi amplitudami laminarnom techenii v kanalakh [Hydrodynamics and heat transfer under pulsating laminar flow with large amplitudes in channels]. Teplofizika i aerotekhnika [Thermophysics and Aerotechnics], 2018, Vol. 23, № 5, P. 735–746.
8. Valueva E. P. Purdin M. S. Gidrodinamika i teploobmen pulsiruyushchego laminarnogo potoka v kanalakh [Hydrodynamics and heat transfer of a pulsating laminar flow in channels]. Teploenergetika [Thermal Power Engineering], 2015, № 9, P. 24–33.
9. Levtshev A. P., Lapin E. S., Bikunova M. V. Salmin, V. V. Konstruktivnye osobennosti i otsenka raboty oborudovaniya dlya impulsnoy podachi teplonositelya [Design features and evaluation of the equipment operation for pulsed coolant supply]. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo [Regional Architecture and Construction], 2018, № 4(37), P. 151–158.
10. Valueva E. P., and Purdin M. S. Issledovanie teploobmena pri pulsiruyushchem laminarnom techenii v pryamougolnykh kanalakh s granichnym usloviem pervogo roda [Study of heat transfer under pulsating laminar flow in rectangular channels with a boundary condition of the first kind]. Teplofizika vysokikh temperatur [High Temperature Thermophysics], 2017, Vol. 55, № 4, P. 638–641.
11. Valueva E. P., Garyaev A. B. Klimenko A. V. Osobennosti gidrodinamiki i teploobmena pri techenii v mikrokanalnykh tekhnicheskikh ustroystvakh [Features of hydrodynamics and heat transfer during flow in microchannel technical devices]. Moscow, Izdatelskiy dom MEI, 2016, 140 p.
12. Valueva E. P. Osobennosti protsessa konvektivnogo teploobmena pri pulsiruyushchem turbulentnom techenii zhidkosti v trube [Features of the convective heat transfer process under pulsating turbulent flow of a liquid in a pipe]. Doklady akademii nauk [Proceedings of the Academy of Sciences], 1999, Vol. 367, № 3, P. 333–337.
13. Valueva E. P. Purdin, M. S. Pulsiruyushchee laminarnoe techenie v pryamougolnom kanale [Pulsating laminar flow in a rectangular channel]. Teplofizika i aeromekhanika [Thermophysics and Aeromechanics], 2015, Vol. 22, № 6, P. 761–773.
14. Valueva E. P., Popov V. N., Romanova S. Yu. Teploperedacha pri laminarnom pulsiruyushchem techenii v krugloy trube [Heat transfer under laminar pulsating flow in a round pipe]. Teploenergetika [Thermal Engineering], 1993, № 8, P. 47–54.
15. Panfilov S. A., Kabanov O. V., Erofeev V. T. Metod issledovaniya parametrov teplovogo rezhima pomeshcheniya zdaniya dlya nastroiки energoэффективной системы отопления [A method for studying the parameters of the thermal regime of a building room for setting up an energy-efficient heating system]. Fundamentalnye, poiskovye i prikladnye issledovaniya



RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitelstva i stroitelnoy otrasli RF v 2021 godu [Fundamental, exploratory and applied research of RAACS on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2021] : sbornik nauchnykh trudov RAASN. Moscow, ASV, 2022, Vol. 2, P. 310-320.

16. Patent № 2781893 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 15/00, G05D 23/00. Sposob opredeleniya minimalnogo vremeni vklyucheniya sistemy otopleniya na nagrev pomeshcheniya zdaniya [Method for determining the minimum time for turning on the heating system to heat a building room]: № 2021135973: zayavl. 07.12.2021; opubl. 19.10.2022 / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

17. Gershkovich V. F. O vozmozhnosti prakticheskoy realizatsii regulirovaniya teplopotrebleniya zdaniy metodom periodicheskogo preryvaniya potoka teplonositelya [On the possibility of practical implementation of building heat consumption regulation by the method of periodic interruption of the coolant flow]. Novosti teplosnabzheniya [News of Heat Supply], 2000, № 2, P. 63-71.

18. Gortyshov Yu. F., Olimpiev V. V., Baygaliev B. E. Teplogidravlicheskiy raschet i proektirovaniye oborudovaniya intensifitsirovannym teploobmenom [Thermal-hydraulic calculation and design of equipment with intensified heat exchange]. Kazan: Izd-vo Kazan. gos. tekhn. un-ta, 2004, 432 p.

19. Patent № 2716545 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/00, F24D 17/00. Sistema teplosnabzheniya i sposob organizatsii ee raboty [Heating system and method of organizing its operation]: № 2019131243: zayavl. 03.10.2019; opubl. 12.03.2020 / A. P. Levitsev, E. S. Lapin, A. A. Golyanin [et al.]; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

20. Patent № 2754569 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/02. Sistema otopleniya zdaniya nezavisimogo prisoyedineniya s organizatsiey v ney pulsiruyushchego rezhima dvizheniya teplonositelya [Heating system for a building with independent connection and organization of pulsating coolant flow mode]: № 2020134571: zayavl. 21.10.2020; opubl. 03.09.2021 / A. P. Levitsev, A. A. Golyanin, E. S. Lapin; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

21. Yerofeyev V. T., Yelchishcheva T. F., Levitsev A. P. [et al.] Termicheskoye soprotivleniye naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksiy pri peremennom teplovom potoke [Thermal resistance of external enclosing structures under variable heat flow]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo [Industrial and Civil Engineering]. 2022, № 10, P. 4-13. DOI 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13.

22. Valuyeva E. P., Purdin M. S. Chislennoye modelirovaniye teploobmena pri pulsiruyushchem laminarnom techenii v ploskom kanale [Numerical modeling of heat exchange during pulsating laminar flow in a flat channel]. Vestnik MEI [Bulletin of the Moscow Power Engineering Institute]. 2016, № 5, P. 123-132.

23. Galitseyskiy B. M., Ryzhov Yu. A., Yakush E. V. Teplovyye i gidrodinamicheskiye protsessy v koleblyushchikhsya potokakh [Thermal and hydrodynamic processes in oscillating flows]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1977, 256 p.

24. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2022617121 RF. Programma adaptivnogo upravleniya teplovym rezhimom pomeshcheniya zdaniya [Program for adaptive control of the thermal regime of a building room]: № 2022615826: zayavl. 06.04.2022; opubl. 18.04.2022 / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

25. Kabanov O. V. Sovershenstvovaniye rezhimov podachi energonositelya v sistemakh avtonomnogo otopleniya proizvodstvennykh pomeshcheniy zdaniy [Improvement of energy carrier supply modes in autonomous heating systems of industrial building premises]: diss. ... kand. tekhn. nauk, 2023, 169 p.



26. Levsev A. P. Increasing the heat transfer efficiency of sectional radiators in building heating systems / A. P. Levsev, E. S. Lapin, Q. Zhang // Magazine of Civil Engineering. – 2019. – No. 8(92). – P. 63-75. – DOI 10.18720/MCE.92.5.

**© Е. С. Лапин, А. П. Левцев, Е. С. Сергушина, С. А. Панфилов, О. В. Кабанов,
2025**

Получено: 09.01.2025 г.



УДК 697.132.3:697.12

А. А. ФРОЛОВА, канд. тех. наук, доц., доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; **А. С. КОНДРАТЮК**, студент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ГОДОВОЕ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ ЗДАНИЯ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Тел.: +7 (495) 781-80-07; факс: +7 (499) 183-44-38; эл. почта: FrolovaAA@mgsu.ru

Ключевые слова: солнечная радиация, бытовые теплопоступления, система отопления, теплопотребление здания, общественное здание.

В статье проводится оценка влияния солнечной радиации на годовую нагрузку теплопотребления общественным зданием в зависимости от различных вариантов ориентации фасадов здания и с учетом переменных внутренних бытовых теплопоступлений в г. Москва, позволяющая делать прогноз по снижению нагрузки на систему отопления в отопительный период года.

Практически любому возводимому зданию или сооружению, за исключением некоторых индивидуальных «нетиповых» проектов, диктуются и архитектурные нормы по инсоляции и естественному освещению помещений. Архитекторы, разрабатывая концепцию возводимого здания, определяются с архитектурным решением по выбору светопрозрачных конструкций, которые выполняют как декоративную и защитную функции, так и функцию обеспечения нормированной освещённости помещения в светлое время суток. Однако, вместе с этим поднимается вопрос о теплопоступлениях от солнечной радиации в здание, и, в зависимости от принятых решений, величина этих теплопоступлений может быть существенной, в том числе и в зимний период влиять на теплопотребление здания [1, 2] и выбор мощности системы отопления [3-5].

На сегодняшний день возводится достаточно большое количество объектов, в которых приняты технологические решения с высокими уровнями тепловыделений – это различные учебные, административные, офисные и торговые здания. В таких объектах строительства необходимо большое количество энергии для охлаждения воздуха и поддержания требуемых (расчетных) параметров микроклимата [6, 7]. Так же в различных странах уделяется внимание изучению солнечного излучения для различных инженерных решений [8].

В данной статье рассматривается модель трехэтажного офисного здания с определенными заданными параметрами. Адрес расположения офисного здания – город Москва. Москва расположена в умеренных широтах, обладает влажным умеренным континентальным климатом, с четкой выраженной сезонностью. В году около девяноста дней являются ясными. Расчетная температура наружного воздуха для определения максимальной нагрузки на систему отопления составляет -26°C , а продолжительность отопительного сезона составляет почти две трети года – 204 дня.



В каждом помещении устроены однотипные окна одинакового типоразмера, который составляет $5,8 \times 2,5$ (h) метра. В здании только два фасада имеют остекленность.

В качестве рассматриваемых окон, через которые будут рассчитаны величины теплопоступлений от солнечной радиации в офисное здание, приняты стеклопакеты от японского производителя «AGC», формула «4M1-16Ar-4И»: 4 мм *Planibel clear* – 16 мм, Ar – 4 мм, *Planibel TopN+T* с коэффициентом теплопередачи окна $k_0 = 1,1$ Вт/(м²·°C), коэффициентом общего пропускания солнечной энергии $g = 0,64$, коэффициентом светопропускания $\tau_1 = 0,8$.

Расчет теплопоступлений от солнечной радиации производится при естественной облачности за сутки каждого месяца отопляемого периода в нескольких рассматриваемых случаях, при которых окна будут ориентированы на каждую из восьми рассматриваемых ориентаций фасада по сторонам света: юг (Ю), запад (З), восток (В), юго-запад (ЮЗ), юго-восток (ЮВ), северо-запад (СЗ), северо-восток (СВ). Учитывая тот фактор, что архитектура здания предполагает расположение окон на двух противоположных сторонах фасада, то будут сравнены данные по теплопоступлениям на каждую из четырех пар условной ориентации здания: север-юг, запад-восток, юго-восток-северо-запад, юго-запад-северо-восток.

Продолжительность отопительного сезона в г. Москва составляет $m = 7$ месяцев: с начала октября по конец апреля. Расчет теплопоступлений от солнечной радиации осуществляется согласно [9, 10].

Суммарные поступления тепловой энергии от солнечной радиации в течение суток за месяц рассматриваемого отопительного периода через все окна в здании представлены в табл. 1.

На рис. 1 авторами представлены итоговые диаграммы всех теплопоступлений от солнечной радиации в здание за сутки по рассматриваемым ориентациям фасадов.

На следующем этапе было определено количество теплоты, поступающей от людей, оргтехники и искусственного освещения в здании.

В соответствии с функциональным назначением помещения установлена категория работ Ia для сотрудников, осуществляющих легкую физическую работу с энергозатратами до 139 Вт.



Таблица 1

Общее количество солнечной энергии, проникающей в здание через все оконные проемы за сутки, кВт·ч

Месяцы отопительного периода	Теплопоступления через окна на фасадах заданной ориентации за сутки, кВт·ч							
	С	Ю	З	В	ЮВ	СЗ	ЮЗ	СВ
Октябрь	61,50	158,9	112,6	114,2	152,5	61,50	153,3	61,50
Ноябрь	34,81	93,49	62,25	63,34	86,43	34,81	85,61	34,81
Декабрь	26,58	49,26	31,20	26,58	52,16	26,58	41,56	26,58
Январь	44,37	109,9	77,04	78,81	94,92	44,37	104,9	44,37
Февраль	93,24	227,4	156,1	155,2	209,5	93,24	222,7	93,24
Март	143,48	330,2	254,7	254,7	325,3	169,3	326,3	143,5
Апрель	190,58	351,5	295,1	296,7	363,1	217,1	358,1	187,3
Сумма по ориентациям	1915,22		1978,47		1930,71		1883,62	

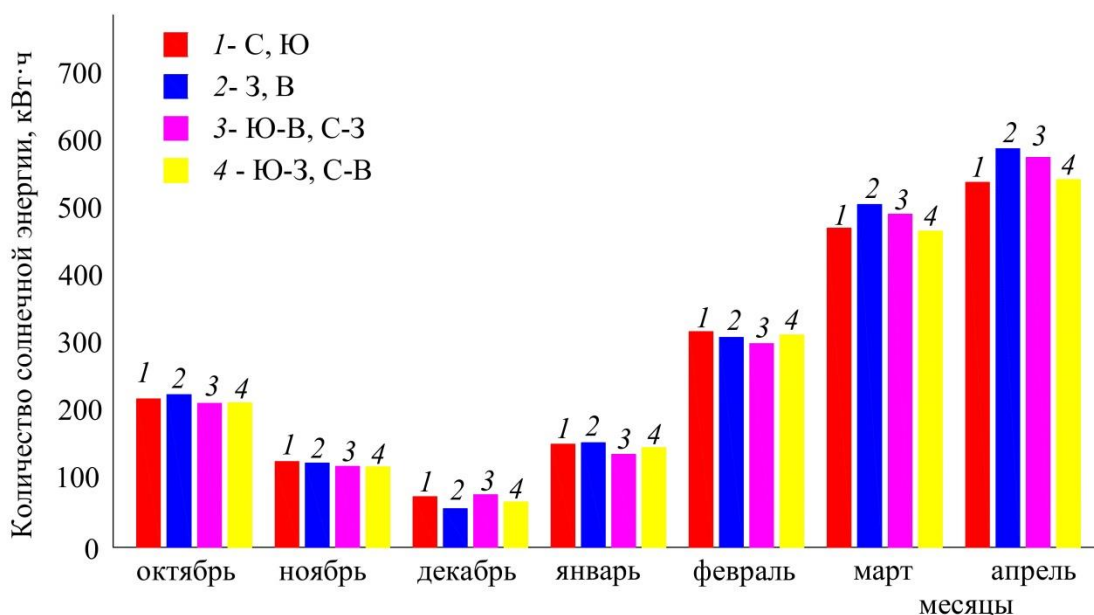


Рис. 1. Диаграмма теплопоступлений от солнечной радиации в здание за сутки по рассматриваемым ориентациям фасадов, кВт·ч: 1 – север, юг; 2 – запад, восток; 3 – юго-восток, северо-запад; 4 – юго-запад, северо-восток

Расчетное значение температуры внутреннего воздуха в холодный период года принято $t_b = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На основании данных о количестве принятой оргтехники, а также с учетом неодновременности работы этой техники, рассчитаем количество поступающей теплоты. Суммарные теплопоступления в здании от оргтехники составят 42,84 Вт.



Количество теплоты, отдаваемое в помещение от искусственного освещения, определим по [11].

За счет увеличенных часов солнечного дня в начале и конце отопительного периода (октябрь, март, апрель), значения теплопоступлений от искусственных источников освещения будут ниже и с учетом поправочного коэффициента составят 72,57 кВт·ч.

На основании климатических данных согласно принятых значений сопротивлений теплопередаче наружных ограждающих конструкций, определена максимальная мощность системы отопления, а также рассчитаны посуточные теплопотери здания за месяцы отопительного периода при разных вариантах ориентации здания. Для расчета потребуются усредненные суточные климатические данные за некоторый период в годах. Были получены климатические данные непосредственно с метеорологической станции, расположенной в г. Дмитров Московской области.

Согласно данным, полученным в ходе теплотехнического расчета рассматриваемой оболочки здания на самые неблагоприятные климатические условия, при рассмотрении четырех основных ориентаций здания по сторонам света, из которых наиболее оптимальными с теплотехнической точки зрения оказалась ориентация главных фасадов на север – юг, а также на юго-запад – северо-восток. Нагрузка системы отопления в этих случаях составляет 64,19 кВт. Наибольшие тепловые потери здания возникают при ориентации главных фасадов на запад – восток, а также на юго-восток – северо-запад: в этом случае расчетная нагрузка на систему отопления составляет 64,89 кВт.

На рис. 2-5 представлены полученные авторами диаграммы теплового баланса здания за отопительный сезон, кВт·ч.

При расчетах солнечной радиации в действительных условиях была рассчитана величина энергии, которая поступает в здание за каждые сутки месяцев отопительного сезона. Хотя ориентация здания на восток – запад и приводит к более большим значениям теплопотерь, но именно в этом рассматриваемом случае в здание поступает наибольшее количество солнечной энергии, поэтому считаем, что данная ориентация является наиболее оптимальной и для дальнейшего анализа принимаем ее.

По данным сводной табл. 2 по теплопоступлениям определено, что наименьшее значение удельных теплопоступлений здание имеет в октябре месяце – 37,91 Вт/м², затем возрастает и достигает максимального значения в феврале месяце – 54,47 Вт/м².



Рис. 2. Диаграмма теплового баланса здания за отопительный сезон: суммарные поступления энергии в здание за период октябрь – середина января, кВт·ч



Рис. 3. Диаграмма теплового баланса здания за отопительный сезон: суммарные поступления энергии в здание за период середина января – апрель, кВт·ч

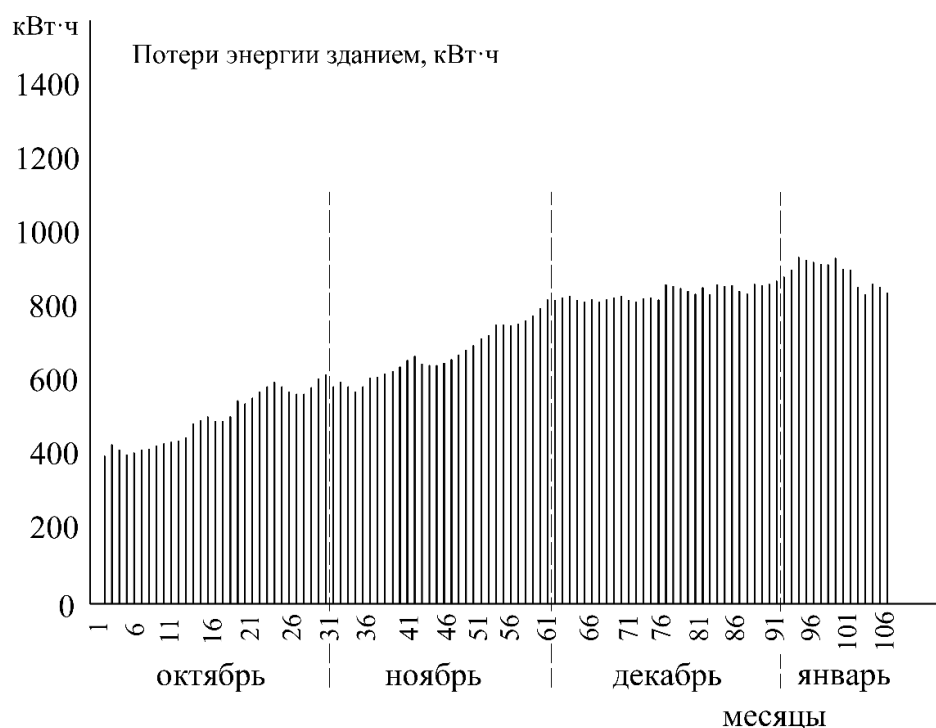


Рис. 4. Диаграмма теплового баланса здания за отопительный сезон: потери энергии зданием за период октябрь – середина января, кВт·ч

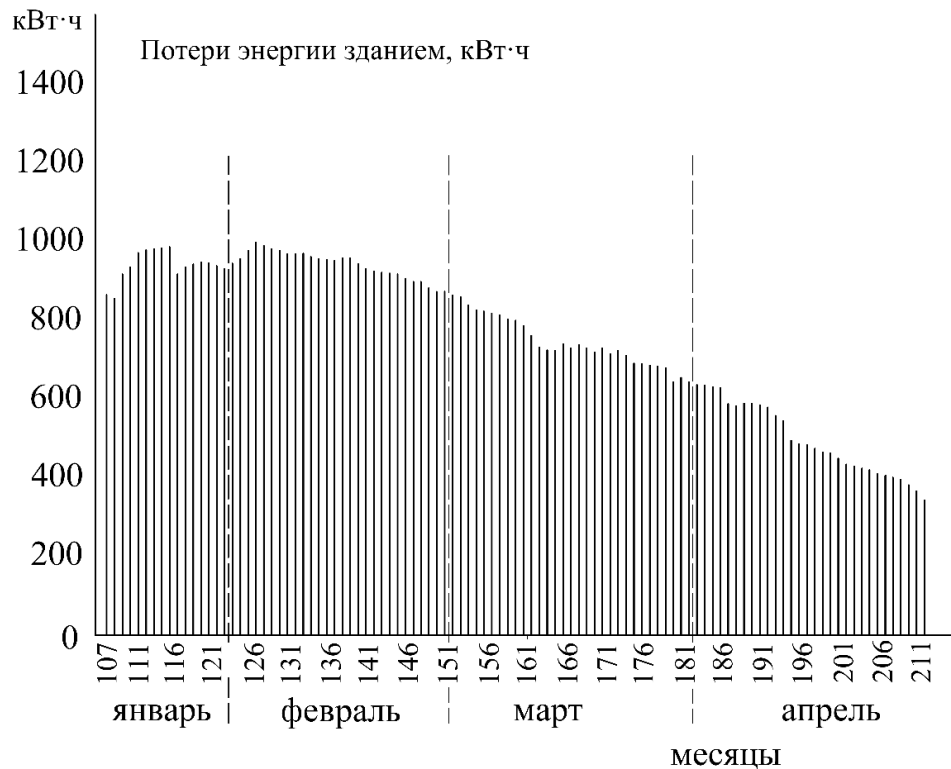


Рис. 5. Диаграмма теплового баланса здания за отопительный сезон: потери энергии зданием за период середина января – апрель, кВт·ч



Таблица 2

Сводная таблица теплопоступлений в здание за месяцы при выбранной ориентации запад - восток

Показатели	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
Среднее количество солнечной энергии в час $Q_{с.р.}$, кВт	22,67	13,96	8,23	22,27	34,59	42,46	42,35
Среднее количество теплоты от людей $Q_{ч.}$, кВт	8,064	37,08	37,08	37,08	37,08	8,064	8,064
Среднее количество теплоты от оборудования в час $Q_{тех.}$, кВт	42,84	42,84	42,84	42,84	42,84	42,84	42,84
Среднее количество теплоты от искусственного освещения в час $Q_{осв.}$, кВт	20,16	20,16	20,16	20,16	20,16	20,16	20,16
Суммарное количество энергии от всех источников в час $Q_{сумм.}$, кВт	93,734	114,04	108,31	122,35	134,67	113,524	113,414
Расчетная площадь здания, м ²	2472,48						
Удельные теплопоступления q , Вт/м ²	37,91	46,12	43,81	49,48	54,47	45,92	45,87

Авторами определены наиболее оптимальные ориентации здания по сторонам света, при которых теплопотери были наименьше всего: это север – юг и юго-запад – северо-восток. Были рассчитаны величины внутренних бытовых теплопоступлений, а также от солнечной радиации, поступающей через все окна здания.

При ориентации здания на запад – восток количество поступающей солнечной энергии в здание на 45% компенсирует тепловые потери энергии здания за отопительный сезон, что оказалось больше всего из всех рассматриваемых вариантов, поэтому эта ориентация принята наиболее выгодной. Также при анализе выяснилось, что при выбранном типе и размерах окон в здание поступает достаточно большое количество солнечной энергии, которая в зимний период может перекрывать половину мощности системы отопления. Авторами была определена величина энергии, которую можно экономить на отоплении за счет солнечной радиации: минимальная величина приходится на декабрь месяц и составляет до 7% кВт от теплопотерь здания за месяц.



В качестве выводов по проведенным исследованиям, авторы отмечают, что при рассмотрении внутренних теплопоступлений были определены следующие источники: люди, искусственное освещение, офисное оборудование. Они активны только на протяжении рабочего дня, но в совокупности их величина достаточна не только для того, чтобы перекрывать теплопотери здания, но и приводят к тепловым избыткам, для снятия которых требуется работа системы кондиционирования воздуха. Это актуально и в нерабочие дни, когда отсутствуют бытовые внутренние теплопоступления, в том числе и в самые холодные месяцы отопительного периода. Наибольшие значения удельных теплопоступлений в офисное здание за отопительный период пришлось на февраль месяц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малявина, Е. Г. Влияние теплопоступлений в помещение от солнечной радиации на уровень энергетически целесообразной теплозащиты здания / Е. Г. Малявина, А. А. Фролова. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2019. – № 8 – С. 56–66.
2. О полезном использовании теплопоступлений системами отопления современных многоквартирных жилых домов / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, А. Ф. Юланова, Е. М. Прыткова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 4. – С. 89–96.
3. О влиянии методов снижения теплопотребления систем обеспечения параметров микроклимата на характеристики систем отопления жилых домов / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, А. Ф. Юланова, Е. М. Прыткова. – Текст : непосредственный // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2021. – № 11. – С. 50–53.
4. Гвоздков, А. Н. Новые решения по экономии тепловой энергии в административных зданиях / А. Н. Гвоздков, П. П. Кондауров, О. Ю. Сулова. – Текст : непосредственный // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы XII Международной научной конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН); составитель А. Н. Гвоздков. – Волгоград, 2014. – С. 156–162.
5. Гвоздков, А. Н. Оценка эффективности использования энергоресурсов по результатам энергетических обследований / А. Н. Гвоздков, П. П. Кондауров, О. Ю. Сулова. – Текст : непосредственный // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы XII Международной научной конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН) ; составитель А. Н. Гвоздков. – Волгоград, 2014. – С. 334–339.
6. Применение пассивного солнечного нагрева и охлаждения зданий в энергоэффективном строительстве / А. Т. Дворецкий, К. Н. Клевец, М. А. Моргунова, Т. В. Денисова. – Текст : непосредственный // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий : сборник докладов III Всероссийской научной конференции с международным участием. – Новосибирск, 2017. – С. 57–61.
7. Соловьев, А. К. Экономия энергии при эксплуатации зданий и пассивные системы использования солнечной энергии / А. К. Соловьев. – Текст : непосредственный // Строительство и техногенная безопасность. – 2018. – № 10. – С. 179–189.



8. Деяб, А. А. Оценка ресурсов солнечного излучения для технологического развития возобновляемой энергетики на примере территории Ирака / А. А. Деяб, А. В. Кретинин, Т. В. Шукина, П. А. Попов. – Текст : непосредственный // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2020. – № 34-36 (356-358). – С. 12–21.

9. Коркина, Е. В. Расчёт тепlopоступлений от солнечной радиации за отопительный период и естественного освещения помещений зданий / Е. В. Коркина. – Москва : Издательство МИСИ-МГСУ, 2019. – 56 с. – ISBN 978-5-7264-2027-1. – Текст : непосредственный.

10. Расчёты тепlopоступления в здание от проникающей солнечной радиации за отопительный период. – Москва : Минстрой России. ФАУ ФЦС, 2017. – 111 с. – Текст : непосредственный.

11. Самарин, О. Д. Расчёт воздухообмена в помещениях здания для вентиляции и кондиционирования воздуха / О. Д. Самарин. – Москва : Издательство МИСИ-МГСУ, 2006. – 35 с. – Текст : непосредственный.

FROLOVA Anastasia Anatolyevna, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation; KONDRATYUK Andrey Stepanovich, undergraduate student of the chair of heat and gas supply and ventilation

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SOLAR RADIATION ON THE ANNUAL LOAD OF HEAT CONSUMPTION IN A BUILDING

National Research Moscow State University of Civil Engineering
26, Yaroslavl'skoe shosse, Moscow, 129337, Russia.

Tel.: +7 (495) 781-80-07; fax: +7 (499) 183-44-38; e-mail: FrolovaAA@mgsu.ru

Key words: solar radiation, domestic heat input, heating system, building heat consumption, public building.

The article assesses the influence of solar radiation on the annual load of heat consumption of a public building depending on various options for the orientation of the building facades and taking into account variable internal domestic heat inputs in Moscow, which allows making a forecast for reducing the load on the heating system during the heating season of the year.

REFERENCES

1. Malyavina E. G., Frolova A. A. Vliyanie teplopоступleniy v pomeshchenie ot solnechnoy radiatsii na uroven energeticheskoy teplotozashchity zdaniya [The influence of heat input into a room from solar radiation on the level of energy-efficient thermal protection of a building]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo. [News of higher educational institutions. Construction]. 2019, № 8, P. 56-66.

2. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Yulanova A. F., Prytkova E. M. O poleznom ispol'zovanii teplopоступleniy sistemami otopleniya sovremennykh mnogokvartirnykh zhilykh domov [On the beneficial use of heat supply by heating systems of modern apartment buildings]. Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.- stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021, № 4. P. 89-96.

3. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Prytkova E. M. O vliyaniy metodov snizheniya teplopotrebleniya sistem obespecheniya parametrov mikroklimata na harakteristiki sistem otopleniya zhilykh domov [On the influence of methods of reducing heat consumption of



systems for providing microclimate parameters on the characteristics of heating systems in residential buildings]. *Santekhnika, Otoplenie, Konditsionirovanie* [Plumbing, Heating, Air conditioning]. 2021, № 11, P. 50-53.

4. Gvozdkov A. N., Kondaurov P. P., Suslova O. Yu. *Novye resheniya po ekonomii teplovoy energii v administrativnykh zdaniyakh* [New solutions for saving thermal energy in administrative buildings]. *Kachestvo vnutrennego vozdukhа i okruzhaiushchei sredy* [Quality of indoor air and the environment]. *Materialy XII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii Ministerstva obrazovaniia i nauki RF Volgogradskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy un-t Rossiiskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk RAASN sostavitel A.N. Gvozdkov*. Volgograd, 2014, P. 156-162.

5. Gvozdkov A. N., Kondaurov P. P., Suslova O. Yu. *Otsenka effektivnosti ispolzovaniya energoresursov po rezul'tatam energeticheskikh obsledovaniy* [Assessing the efficiency of energy resource use based on the results of energy surveys]. *Kachestvo vnutrennego vozdukhа i okruzhaiushchei sredy* [Quality of indoor air and the environment]. *Materialy XII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii Ministerstva obrazovaniya i nauki RF Volgogradskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy un-t Rossiiskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk RAASN sostavitel A.N. Gvozdkov*. Volgograd, 2014, P. 334-339.

6. Dvoretzkiy A. T., Klevets K. N., Morgunova M. A., Denisova T. V. *Primenenie passivnogo solnechnogo nagreva i okhlazhdeniya zdaniy v energoeffektivnom stroitelstve* [Application of passive solar heating and cooling of buildings in energy-efficient construction]. *Energо i resursoeffektivnost maloetazhnykh zhilykh zdaniy* [Energy and resource efficiency of low-rise residential buildings]. *Sbornik dokladov III Vserossiiskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Novosibirsk, 2017, P. 57-61.

7. Solovev A. K. *Ekonomiya energii pri ekspluatatsii zdaniy i passivnye sistemy ispolzovaniya solnechnoy energii* [Energy savings in building operation and passive solar energy systems]. *Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost* [Construction and industrial safety]. 2018, № 10, P. 179-189.

8. Deyab A. A., Kretinin A. V., Shchukina T. V., Popov P. A. *Otsenka resursov solnechnogo izlucheniya dlya tekhnologicheskogo razvitiya vozobnovliaemoy energetiki na primere territorii Iraka* [Assessment of solar radiation resources for the technological development of renewable energy using the example of Iraq]. *Alternativnaya energetika i ekologiya* [Alternative energy and ecology]. 2020, № 34-36, P. 12-21.

9. Korkina E. V. *Raschet teplopostupleniy ot solnechnoy radiatsii za otopitelny period i estestvennogo osveshcheniya pomeshcheniy zdaniy* [Calculation of heat gain from solar radiation during the heating period and natural lighting of building premises]. Moscow, Izd-vo MISI-MGSU, 2019, 56 p.

10. *Raschety teplopostupleniya v zdanie ot pronikayushchey solnechnoy radiatsii za otopitelny period* [Calculations of heat input into the building from penetrating solar radiation during the heating period]. Moscow, Ministroy Rossii. FAU FTSS, 2017, 111 p.

11. Samarin O. D. *Raschyot vozdukhоobmena v pomeshcheniyakh zdaniya dlya ventilatsii i konditsionirovaniya vozdukhа* [Calculation of air exchange in building premises for ventilation and air conditioning]. Moscow, Izd-vo MISI-MGSU, 2006. 35 p.

© А. А. Фролова, А. С. Кондратюк, 2025

Получено: 16.01.2025 г.



УДК 628.31

М. Н. БРЮХОВ, ассистент кафедры водопользования и экологии¹, аспирант
кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем²

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОАККУМУЛЯЦИИ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

¹ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4.

эл. почта: mbryukhov@lan.spbgasu.ru

²ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)", Южно-Уральский государственный университет.
Россия, 454080, Челябинская область, г. Челябинск, просп. В.И. Ленина, д. 76.

тел.: 8 (812) 316-35-10, эл. почта: mich74@mail.ru

Ключевые слова: сточные воды, биоаккумуляция, макрофиты, тяжелые металлы, биоинженерные сооружения.

В статье представлены результаты исследований по определению биоаккумуляционной способности выбранных макрофитов по отношению к тяжелым металлам и нефтепродуктам. Полученные данные показали, что каулиния малая, спирогира, роголистник, ряска способны эффективно извлекать поллютанты из сточных вод и повышать pH водной среды.

Введение

Особенности очистки сточных вод макрофитами заключаются в том, что в технологии используются природные механизмы самоочищения. Макрофиты способны очищать стоки от широкого спектра поллютантов – взвешенных веществ, органических токсикантов, азота, фосфора, серы, тяжелых металлов и бактериального загрязнения [1].

В институте Макса Планка в Плёне (в начале 1950-х годов) впервые были проведены исследования по очистке сточных вод с использованием макрофитов, идеологом которых была Кете Зайдель [2].

При использовании макрофитов в очистке сточных вод необходимо иметь представление о некоторых природных механизмах:

- фитоволатилизация – растения поглощают загрязняющие вещества из почвы или воды, метаболизируют их, а затем выделяют в атмосферу в виде летучей и менее токсичной формы;

- ризофильтрация (фитофильтрация) – сточные воды фильтруются на поверхности корней растений, погруженных в обрабатываемую воду. Для этого используются растения с обширной корневой системой, которые быстро растут и вырабатывают большое количество биомассы. Ризофильтрация используется для удаления тяжелых металлов, особенно свинца, и радиоактивных элементов;

- аккумуляция тяжелых металлов – в водоемах с промышленными стоками макрофиты аккумулируют тяжелые металлы и макроэлементы, тем самым снижая концентрацию поллютантов [3].

Механизм поглощения поллютантов макрофитами основан на их физиологических и морфологических особенностях. Высокими сорбционными свойствами обладают стебли и листья растений, которые задерживают и



поглощают токсиканты из воды. Неукореняющиеся растения накапливают большие количества загрязнителей, чем укореняющиеся за счет их миграции на большие площади водной экосистемы [4].

Разные виды макрофитов способны различным образом элиминировать и метаболизировать внесенные загрязнители, что, в свою очередь, зависит от вида растения, особенностей его строения, физических и химических свойств загрязнителей, от сроков их разложения, растворимости в воде и других факторов [5].

Преимущество очистки сточных вод макрофитами заключается в отсутствии значительных затрат на строительство и эксплуатацию сооружений, так как удаление загрязняющих веществ происходит без применения сложных технологий [6].

Использование макрофитов для очистки сточных вод распространено в разных странах, таких, как США, страны Евросоюза, Китай, Вьетнам. В России также активно проводятся исследования в этом направлении. В настоящее время работает ряд научных школ, исследования и публикации которых направлены на разработку фитотехнологии в области очистки и доочистки сточных вод. Исследования проводятся под руководством таких ученых, как, например, С. С. Тимофеева (ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»), М. А. Пашкевич (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»), Д. В. Ульрих (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет») и других [7-11].

Материалы и методы

Для проведения исследований были выбраны макрофиты: каулиния малая, спирогира, роголистник и ряска. Выбранные макрофиты помещали в емкости с сильноокислой сточной водой промышленного предприятия, имеющей водородный показатель 2,84. Исследования проводили в течение 8 суток при температуре окружающей среды 20°C. Пробы воды для определения концентрации тяжелых металлов и водородного показателя отбирали из емкостей 1 раз в сутки. Анализ состава сточной воды и фильтрата производили на оборудовании, указанному в [12].

Содержание загрязнителей в усредненной сильноокислой пробе сточной воды промышленного предприятия (мг/л): алюминий – 6,85; кобальт – 0,07; хром – 0,18; медь – 4,24; железо – 2,83; марганец – 1,33; никель – 0,93; фосфор – 0,26; цинк – 1,31; нефтепродукты – 4,76.

Результаты исследований

Результаты проведенных исследований позволили оценить степень биоаккумуляции макрофитов в сильноокислой среде промышленного стока и выявить наиболее устойчивые из них.

Согласно полученным экспериментальным данным, выявлено, что все исследуемые макрофиты сохранили жизнеспособность в сильноокислой среде, продолжали свое развитие и способствовали снижению концентрации загрязнителей (рис. 1–3).

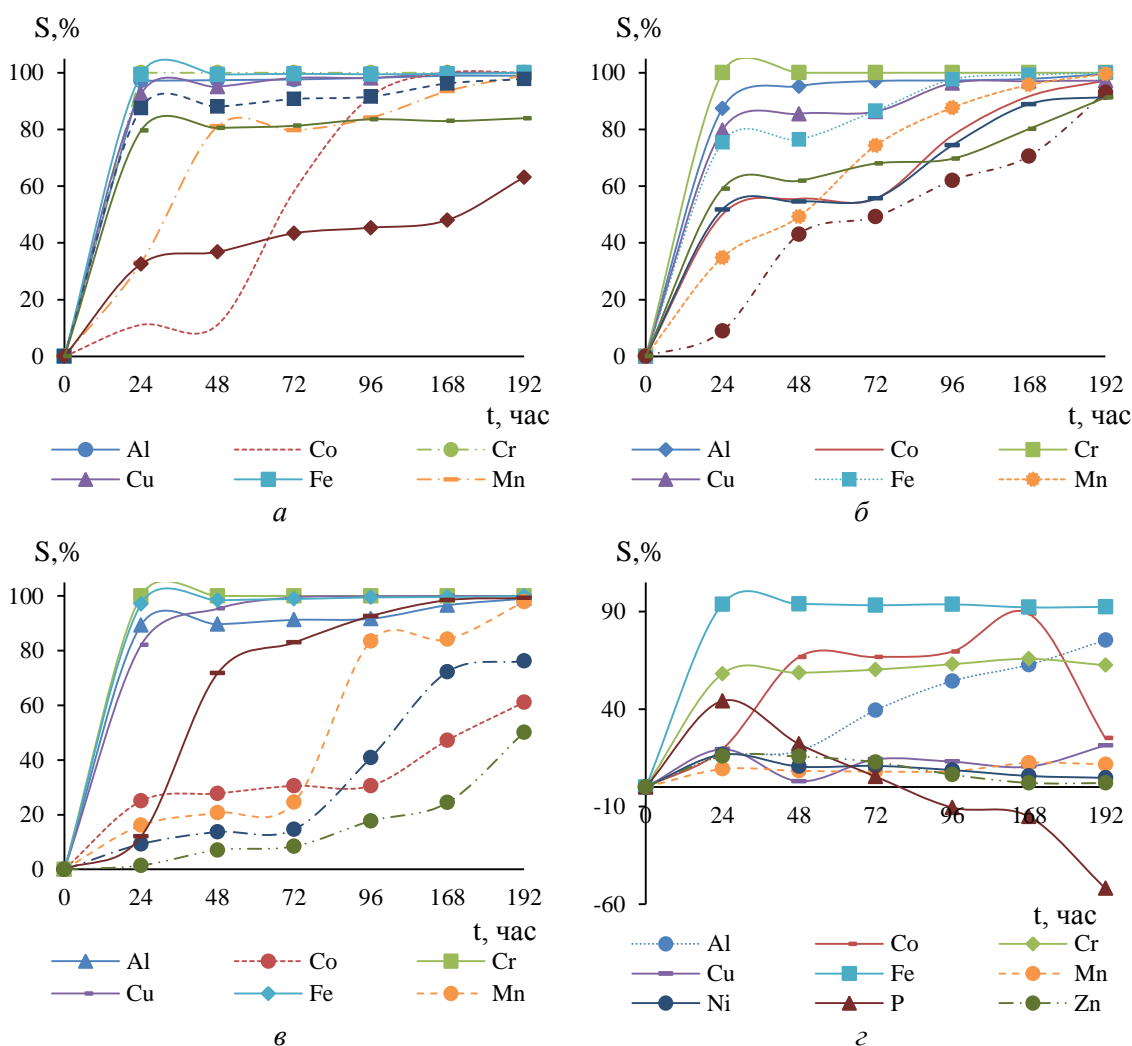


Рис. 1. Эффективность извлечения поллютантов из сточных вод макрофитами в зависимости от времени контакта: *a* – каулиния малая; *б* – спирогира; *в* – роголистник; *г* – ряска

Представленные на рис. 1 зависимости степени извлечения тяжелых металлов из сточной воды от времени контакта с растениями показывают достаточно высокую эффективность извлечения загрязнителей каулинией малой, спирогирой и роголистником. Установлено, что каулиния малая за 24 часа полностью извлекает хром, 97,2% алюминия, 92,5% меди, 99,3% железа, 87,5% никеля, 79,6% цинка. Спирогира с начала экспозиции до ее завершения имеет следующие показатели извлечения тяжелых металлов: хром извлекается на 100 % в первые 24 часа экспозиции; алюминий – от 87,4 до 99,6%; кобальт – от 50 до 97,2%; медь – от 79,8 до 97,2%; железо – от 75,4 до 100%; никель – от 52,8 до 91,5%; цинк – от 59,1 до 91,2%.

В первые 24 часа у каулинии и спирогиры наблюдается относительно низкая эффективность извлечения марганца и фосфора: у спирогиры эффективность извлечения марганца 34,8%, у каулинии – 32,9%; фосфора – 9,91 и 32,6% соответственно. При увеличении времени экспозиции наблюдалось увеличение эффективности биоаккумуляции марганца – до 99,1% у каулинии; у



спирогиры – до 99,5%. Степень биоаккумуляции фосфора выросла у каулинии до 63,2% и до 93,0% у спирогиры.

Роголистник имеет достаточно высокие показатели степени биоаккумуляции за 24 часа по алюминию (89,3%), хрому (100%), меди (82,0%), железу (97,0%). При экспозиции в 192 часа наблюдается увеличение эффективности извлечения от 50 до 100 % по всем поллютантам.

Исследования по извлечению поллютантов ряской указывают на низкую эффективность очистки стоков. В первые 24 часа наблюдается извлечение марганца всего лишь на 9,26%. Максимальное значение степени биоаккумуляции железа ряской достигает 93,7%.

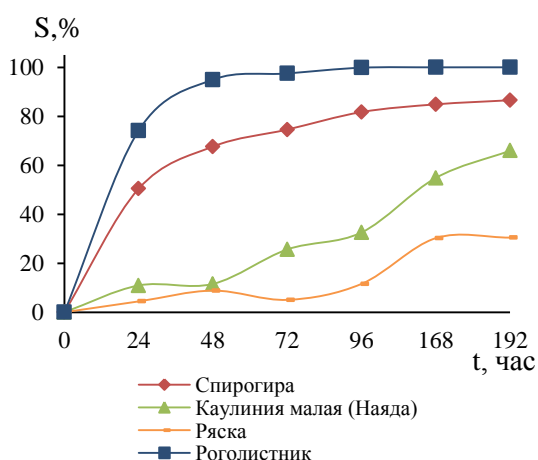


Рис. 2. Эффективность извлечения нефтепродуктов из сточных вод макрофитами в зависимости от времени контакта

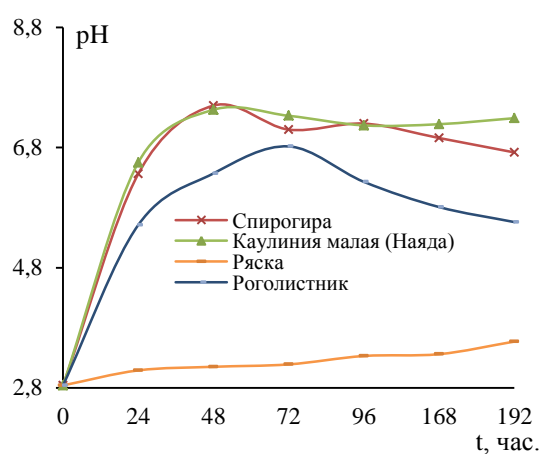


Рис. 3. Изменение pH в зависимости от времени контакта макрофитов с сорбатом

Экспериментальные данные по извлечению нефтепродуктов макрофитами (рис. 2), указывают на то, что спирогира способна извлекать от 50 до 86% нефтепродуктов, каулиния – от 11 до 66%, ряска – от 4 до 30% и роголистник – от 74 до 100%.

Исследования pH сточной воды (рис. 3) указывает на то, что при использовании каулинии и спирогиры pH стока в первые 24 часа повышается от 2,84 до 6,55 и 6,36 соответственно, то есть происходит нейтрализация сильноокислой сточной воды без применения реагентов. При использовании роголистника сточная вода также нейтрализуется, в первые 24 часа pH повышается от 2,84 до 5,51, с последующим увеличением до 6,82 при экспозиции 72 часа. При использовании ряски pH сточной воды в первые 24 часа повышается от 2,84 до 3,09, с последующим увеличением до 3,57 при экспозиции 192 часа. Использование ряски не приводит к нейтрализации сточной воды.

Морфологическая адаптация исследуемых растений к сильноокислой водной среде проходила относительно спокойно. До 72 часов экспозиции все растения имели характерный зеленый окрас. При экспозиции от 96 до 192 часов спирогира, каулиния малая и роголистник приобрели темно-зеленый окрас. Исключением



являлась ряска, у которой при экспозиции 96-192 часа наблюдались признаки угнетения с последующей гибелью растения.

Выводы

1. Установлено, что исследованные макрофиты спирогира, каулиния малая и роголистник, благодаря своим физиологическим и морфологическим особенностям могут эффективно использоваться в технологиях очистки сильноокислых сточных вод промышленных предприятий от тяжелых металлов и нефтепродуктов.

2. Спеленъ биоаккумуляции тяжелых металлов за короткий промежуток времени достигает высоких значений – от 60 до 100% в зависимости от вида поллютантов. При этом катионы хрома полностью извлекаются макрофитами за 24 часа.

3. Одновременно с тяжелыми металлами из сточной воды удаляются нефтепродукты. Спирогира способна извлекать от 50 до 86% нефтепродуктов, каулиния – от 11 до 66%, ряска – от 4 до 30% и роголистник – от 74 до 100%.

4. Важной особенностью исследованных растений является способность к нейтрализации кислых сточных вод. При использовании каулинии и спирогиры рН стока за 24 часа повышается от 2,84 до 6,55 и 6,36; при использовании роголистника – от 2,84 до 5,51, с последующим увеличением до 6,82.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбка, К. Ю. Механизмы очистки сточных вод от биогенных элементов (азота и фосфора) в фито-очистных системах / К. Ю. Рыбка, Н. М. Щеголькова. – Текст : непосредственный // Экосистемы. Экология и динамика. – 2018. – Том 2. – № 4. – С. 144–171.

2. Построенные водно-болотные угодья для очистки сточных вод. – URL: <https://infourok.ru/postroennye-vodno-bolotnye-ugodya-dlya-ochistki-stochnyh-vod-5592610.html>. – Текст : электронный.

3. Петракова, Е. А. Макрофиты в фиторемедиации и биоиндикации вод : специальность 03.02.08 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Петракова Елена Александровна ; Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. – Брянск, 2017. – 23 с. – Текст : непосредственный.

4. Соловых, Г. Н. Роль макрофитов р. Урал в процессах самоочищения водотока от полихлорированных бифенилов / Г. Н. Соловых, Н. В. Винокурова, Л. В. Голинская. – Текст : непосредственный // Вестник Оренбургского государственного университета. – № 10 (185) – 2015. – С. 118–121.

5. Морозов, Н. В. Элиминирование и детоксикация хлори фосфорорганических ядохимикатов макрофитами / Н. В. Морозов. – Текст : непосредственный // Филология и культура. – 2006. – № 7. – С. 126–133.

6. Кирилина, Т. В. Доочистка сточных вод от соединений азота и фосфора погруженными макрофитами / Т. В. Кирилина, А. С. Сироткин, До Тхи Тху Ханг ; Казанский государственный технологический университет. – Текст : непосредственный // Вода. Химия и экология. – 2011. – № 7. – С. 33–38.

7. Тимофеева, С. С. Фитофилтры для очистки сточных вод / С. С. Тимофеева, Д. В. Ульрих, С. С. Тимофеев. – Текст : электронный // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – № 16. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitofiltry-dlya-ochistki-stochnyh-vod>.

8. Пашкевич, М. А. Оценка эффективности процесса фитоэкстракции при очистке карьерных сточных вод / М. А. Пашкевич, А. Э. Коротаева. – Текст : электронный //



Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. – 2022. – № 6–1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-protssessafitoeekstraksii-pri-ochistke-kariernyh-stochnyh-vod>.

9. Солнышкова, М. А. Биоиндикация как способ оценки эффективности очистки карьерных сточных вод с использованием биоплато / М. А. Солнышкова, М. А. Журавкова, М. А. Пашкевич. – Текст : непосредственный // Инновационные подходы в современной науке : X Международная научно-практическая конференция : сборник статей / Санкт-Петербургский горный университет. – Москва : Интернаука. – 2017. – Том 10 (10). – С. 82–85.

10. Тимофеева, С. С. Роль водорослей и высших водных растений в обезвреживании цианидсодержащих сточных вод / С. С. Тимофеева, В. З. Краева, О. А. Меньшикова. – Текст : непосредственный // Водные ресурсы. – 1985. – № 6. – С. 111–116.

11. Тимофеева, С. С. Использование макрофитов для интенсификации биологической очистки роданидсодержащих сточных вод / С. С. Тимофеева, О. А. Меньшикова. – Текст : непосредственный // Водные ресурсы. – 1985. – № 6. – С. 80–85.

12. Роль природных сорбентов и отходов трубного производства в очистке кислых металлсодержащих сточных вод / М. Н. Брюхов, Д. В. Ульрих, Т. М. Лонзингер, С. Е. Денисов. – Текст : электронный // Градостроительство и архитектура. – 2023. – Том 13, № 4. – С. 11–19. – DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.02.

BRYUKHOV Mikhail Nikolaevich, assistant of the chair of water management and environment¹, postgraduate student of the chair of urban planning, engineering networks and systems²

BIOACCUMULATION EFFICIENCY IN WASTEWATER TREATMENT

¹ Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
4, 2nd Krasnoarmeiskaya St., Saint Petersburg, 190005, Russia.
e-mail: mbryukhov@lan.spbgasu.ru

² South Ural State University
76, Lenin Prospekt, Chelyabinsk, Chelyabinsk Region, Ural Federal District, 454080, Russia.
Tel.: 8 (812) 316-35-10; e-mail: mich74@mail.ru

Key words: wastewater, bioaccumulation, macrophytes, heavy metals, bioengineering facilities.

The article presents the results of studies to determine the bioaccumulative ability of selected macrophytes in relation to heavy metals and petroleum products. The data obtained showed that small kaulinia, spirogyra, hornwort, duckweed are able to effectively extract pollutants from wastewater and increase the pH of the aquatic environment.

REFERENCES

1. Rybka K. Yu., Shchegolkova N. M. Mekhanizmy ochistki stochnykh vod ot biogennykh elementov (azota i fosfora) v fito-ochistnykh sistemakh [Mechanisms of wastewater treatment of nutrients (nitrogen and phosphorus) in phyto-treatment systems]. Ekosistemy: Ekologiya i dinamika [Ecosystems. Ecology and dynamics]. 2018, Vol. 2. № 4, P. 144-171.

2. Postroennye vodno-bolotnye ugodya dlya otshistki stochnykh vod [Wetlands constructed for wastewater treatment]. – URL: <https://infourok.ru/postroennye-vodno-bolotnye-ugodya-dlya-ochistki-stochnyh-vod-5592610.html>.

3. Petrakova E. A. Makrofity v fitoremediacii i bioindikacii vod [Macrophytes in phytoremediation and bioindication of waters]: spetsialnost 03.02.08: avtoreferat dis. ...



kandidata biologicheskikh nauk. Vladimirskiy gos. un-t im. Aleksandra Grigorevicha i Nikolaya Grigorevicha Stoletovyykh. Bryansk, 2017, 23 p.

4. Solovykh G.N., Vinokurova N.V., Golinskaya L.V. Rol makrofitov r. Ural v processakh samoochishcheniya vodotoka ot polikhlorirovannykh bifenilov [Role of macrophytes of the Ural River in the processes of watercourse self-purification from polychlorinated biphenyls]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Vestnik of the Orenburg State University]. Orenburg, 2015, № 10 (185), P. 118-121.

5. Morozov N. V. Eliminirovanie i detoksikatsiya hlori fosfororganicheskikh yadovimikatoov makrofitami [Elimination and detoxification of organophosphorus toxic chemicals by macrophytes]. Filologiya i kultura [Philology and culture]. № 7, 2006, P. 126-133.

6. Kirilina T. V., Sirotkin A. S., Tkhu Do. Doochistka stochnykh vod ot soedineniy azota i fosfora pogruzhennymi makrofitami [Wastewater pretreatment from nitrogen and phosphorus compounds by submerged macrophytes]. Voda: Himiya i ekologiya [Water: chemistry and ecology]. №7, 2011, P. 33-38.

7. Timofeeva S. S., Ulrikh D. V., Timofeev S. S. Fitofiltry dlya ochistki stochnykh vod [Phytofilters for wastewater treatment]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Herald of Technological University]. 2016, №16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitofiltry-dlya-ochistki-stochnykh-vod>.

8. Pashkevich M. A., Korotaeva A. E. Otsenka effektivnosti processa fitoekstratsii pri ochistke karernykh stochnykh vod [Evaluation of the efficiency of the phytoextraction process in the treatment of quarry wastewater] Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten : nauchno-tekhnicheskii zhurnal [Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. 2022, № 6-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-protssesa-fitoekstratsii-pri-ochistke-kariernykh-stochnykh-vod>.

9. Solnyshkova M. A., Zhuravkova M.A., Pashkevich M.A. Bioindikatsiya kak sposob otsenki effektivnosti ochistki karernykh stochnykh vod s ispolzovaniem bioplato [Bioindication as a way to assess the efficiency of quarry wastewater treatment using bioplato]. Innovatsionnye podkhody v sovremennoy nauke [Innovative approaches in modern science]: sb. st. po materialam X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. № 10(10). Moscow, Izd. Internauka, 2017, P. 82-85.

10. Timofeeva S. S., Kraeva V. Z., Menshikova O. A. Rol vodorosley i vysshikh vodnykh rasteniy v obezvrezhivaniy tsianidsoderzhashchikh stochnykh vod [Role of algae and higher aquatic plants in the neutralisation of cyanide-containing wastewater]. Vodnye resursy [Water resources]. 1985, № 6, P. 111–116.

11. Timofeeva S. S., Menshikova O. A. Ispolzovanie makrofitov dlya intensivatsii biologicheskoy ochistki rodanidsoderzhashchikh stochnykh vod [Use of macrophytes for intensification of biological treatment of rhodanide-containing wastewaters] Vodnye resursy [Water resources]. 1985, № 6, P. 80–85.

12. Bryuhov M. N., Ulrikh D. V., Lonzing T. M., Denisov S.E. Rol prirodnykh sorbentov i otkhodov trubnogo proizvodstva v otshistke kislykh metallsoderzhashchikh stochnykh vod [Role of natural sorbents and pipe wastes in the treatment of acidic metal-containing wastewaters]. Gradostroitelstvo i arhitektura [Urban planning and architecture]. 2023, Vol. 13, № 4, P. 11–19. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.04.02.

© М. Н. Брюхов, 2025

Получено: 16.01.2025 г.



УДК 628.3

А. П. САМОДОЛОВ^{1,2}, ассистент кафедры водопользования и экологии,
аспирант кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем

БИОАККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ AMD СТОКОВ

¹ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Тел.: +7 (902) 602-29-66; e-mail: asamodolov@lan.spbgasu.ru

²ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)", Южно-Уральский государственный университет

Россия, 454080, Челябинская область, г. Челябинск, просп. В.И. Ленина, д. 76,

эл. почта: samodolov@mail.ru

Ключевые слова: техногенные воды, техническая конопля, горно-обогатительное предприятие, фиторемедиация, биоаккумуляция, тяжелые металлы, AMD, поллютанты.

В статье описаны результаты исследований взаимодействия конопли технической и кислотного стока горнометаллургического предприятия. Проанализирована возможность использования конопли для очистки кислых стоков, определена эффективность извлечения растениями тяжелых металлов. Исследования показали, что коноплю можно эффективно использовать для очистки стоков от тяжелых металлов 1 и 2 класса опасности. Растения в агрессивной среде продолжили развитие и размножение, при этом извлекли значительную часть поллютантов из исходного стока.

Предприятия горной промышленности являются одним из главных секторов экономики множества стран мира, обеспечивающих большое количество рабочих мест и значительные финансовые потоки в бюджеты всех уровней.

В середине 50-60-х годов прошлого столетия в связи с послевоенным промышленным бумом и масштабными геологоразведочными работами на крупнейших месторождениях полезных ископаемых начали расти объемы добычи угля и металлов. Разработка массивов месторождений полезных ископаемых, таких как медь, золото, вольфрам и др., привела к значительному загрязнению подземных вод, заболачиванию рек и водоемов. В итоге некоторые крупные месторождения оказались непригодными для промышленной разработки, в результате чего начались изменения в экологии многих территорий, а старые рудники стали приносить дополнительный вред, так как в атмосферу и грунтовые воды стали попадать специфические пластовые поллютанты.

Наиболее распространенными загрязнителями рудничных вод, оказывающие максимально негативное влияние на окружающую среду, считаются хлористые соединения и свободная серная кислота, которой сопутствуют растворимые соли, главным образом сульфаты тяжелых металлов [1–5]. Негативные последствия добычи полезных ископаемых для поверхностных и подземных вод обусловлены водной эрозией почв с последующим отложением осадков, понижением уровня и оседанием грунтовых вод, нарушением гидрологического цикла и выпадением осадков. Одной из самых серьезных угроз для водных ресурсов в горнодобывающей промышленности экологи считают кислые стоки горных предприятий, в мировой практике именуемые кислотный шахтный дренаж

(*Acid mine drainage (AMD)*). *AMD* способны оказывать долгосрочное разрушительное воздействие на реки, ручьи, водную флору и фауну [6-13].

Повышенная кислотность далеко не основная проблемная особенность *AMD*, экологическая обеспокоенность по поводу управления отходами горнодобывающей промышленности возникла по мере того, как при изучении состава таких отходов, выяснилось, что зачастую они содержат высокие уровни солей тяжелых металлов (ртути, меди, цинка, кадмия и т.д.) [14]. Также эти отходы часто содержат относительно низкие уровни органических веществ [15, 16] и, как следствие, не поддерживают рост и выживание многих живых организмов, включая бактерии [17], и эти области часто остаются без растительности (рис. 1).



Рис. 1. Последствия воздействия *AMD* на тайгу [18]

К основным современным методам переработки техногенных сточных вод горно-обогатительных предприятий относят адсорбцию/абсорбцию, ионный обмен, электродиализ, флотацию, электрофлотацию, электрокоагуляцию, обратный осмос и фиторемедиацию. Фиторемедиация (фитоэкстракция) – это технология очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами, с помощью растений. Этот метод заключается в выращивании в течение определенного периода времени на загрязненных почвах специально подобранных видов растений, способных извлекать из почвы тяжелые металлы корневой системой и накапливать их в надземной части, которая впоследствии утилизируется, а процесс может быть повторен до достижения необходимого эффекта [19]. Аккумуляцию растением тяжелых металлов называют биоаккумуляцией. Основные достоинства этого метода – относительно низкая стоимость и простота во внедрении и обслуживании.

В качестве растения биоаккумулятора тяжелых металлов для исследования возможности очистки *AMD* от поллютантов была выбрана конопля техническая (лат. *Cánnabis* – род однолетних лубоволокнистых растений семейства Коноплёвые (*Cannabaceae*). Включает в себя один полиморфный вид – *Cannabis sativa* (Конопля посевная)) по причине ее неприхотливости и возможности выращивания практически на всей территории страны.

Таким образом, целью статьи является оценка эффективности биоаккумуляционного процесса с использованием технической конопли для очистки *AMD* от тяжелых металлов (на примере Al, As, Co, Fe, Cu, Pb и Zn).



Образцы семян технической конопли для исследования предоставлены специализированной компанией, имеющей необходимые разрешения, сертификаты и прочие разрешительные документы для культивации культуры в коммерческих целях. Растение помещали в цилиндр объемом 600 мл и заливали 400 мл сточной воды, разбавленной в соотношении 1 к 10 дистиллированной водой.

Для оценки эффективности биоаккумуляционного процесса, изучения количественного изменения поллютантов в стоке, отбирали пробы стока по 50 мл., через каждые: 3, 6, 9, 24, 48, 72, 144 и 168 часов. Химический состав исходного стока и его изменения в зависимости от условий испытаний определяли на атомно-эмиссионном спектрометре *OPTIMA 2100DV* с индуктивно связанной плазмой.

Для изучения состава вегетативных органов технической конопли использовали метод микрорентгенофазового анализа на микроскопе *JEOL JSM-6460 LV*.

Результаты микрорентгеноспектрального анализа исходного образца растения (в сыром весе) приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты микрорентгеноспектрального анализа исходного
образца конопли**

Среднее содержание элемента, %	C	O	Mg	Si	K	Ca	Fe	Cu
Исходный состав	43,4	41,9	1,3	1,1	4,6	5,8	0,1	0,3

Химический состав исходного стока представлен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав исходного стока

Элемент	Al	As	Co	Cu	Fe	Pb	Zn
Содержание, мг/л	29,4	0,06	0,26	7,47	83,59	0,05	13,13

Как видно из таблицы, основными загрязнителями в исходной воде являются алюминий, мышьяк, кобальт, медь, железо, свинец и цинк. Эффективность биоаккумуляционного процесса оценивали по количественному изменению тяжелых металлов, входящих в состав исходного стока в статических условиях. Химический состав стока после взаимодействия в течении 168 часов с технической коноплей представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Химический состав стока после взаимодействия
с технической коноплей**

Элемент	Al	As	Co	Cu	Fe	Pb	Zn
Содержание, мг/л	4,56	0,03	0,04	1,19	0,16	0	2,27



На рис. 2 приведены результаты исследования эффективности фиторемедиационного процесса в системе техническая конопля – AMD в статических условиях.

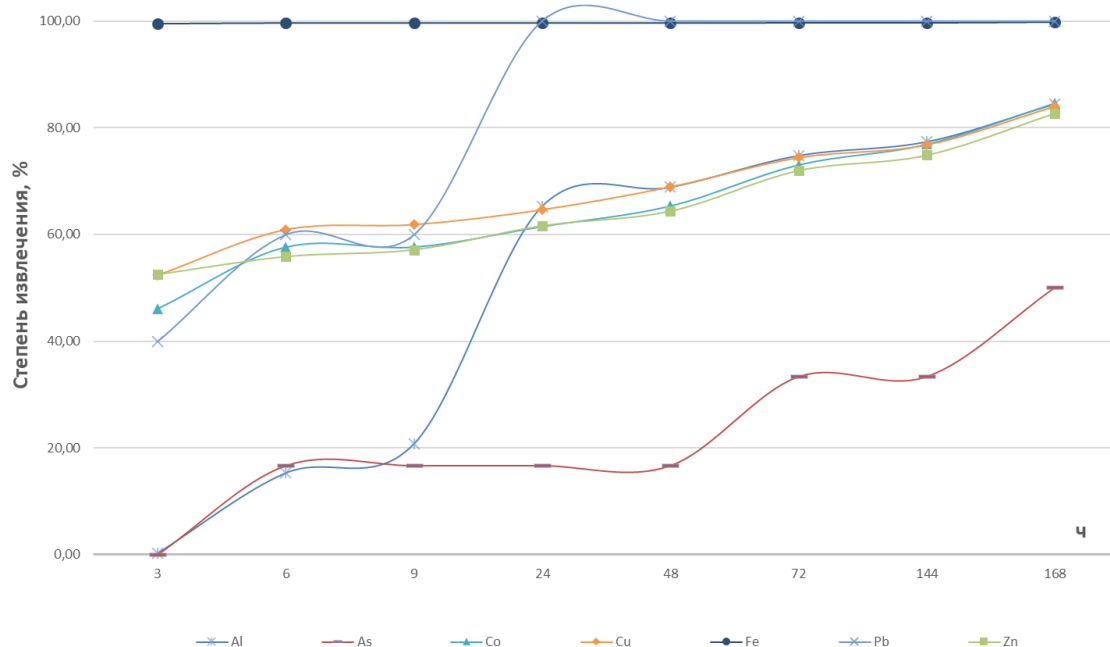


Рис. 2. Степень извлечения поллютантов из исходного при $t = 20^{\circ}\text{C}$ и различном времени контакта, % (материал автора)

Как видно из графиков, техническая конопля посредством биоаккумуляционного процесса позволяет снизить концентрацию поллютантов в среднем на 50–99%.

Худший результат оказался при очистке исходного стока от мышьяка.

По остальным поллютантам картина практически одинаковая, конопля извлекает тяжелые металлы из исходного стока с течением времени.

Необходимо отметить, что уровень pH в системе растение – сток от времени экспозиции незначительно увеличивается, с 3,04 до 3,24, что говорит о том, что конопля способна оказывать нейтрализующее действие на кислый сток.

Результаты микрорентгеноспектрального анализа опытного образца технической конопли (в сыром весе), полученные после эксперимента, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты микрорентгеноспектрального анализа конопли после исследования

Среднее содержание элемента, %	C	O	Mg	Si	K	Ca	Fe	Cu
Состав после эксперимента	44,0	42,8	0,8	1,3	4,9	2,3	1,0	0,4

При проведении анализа выявлены отклонения в составе опытного образца конопли, значительно уменьшилось содержание кальция, увеличилось



содержание железа и меди, что может свидетельствовать о том, что конопля аккумулирует в своих тканях металлы из исходного стока.

По результатам проведенного исследования возможности применения конопли для очистки кислых подотвальных стоков рудников Северного Урала от тяжелых металлов была определена биоаккумуляционная способность конопли. Концентрация поллютантов сократилась в среднем на 50–99%. Отмечено накопление в тканях растения железа и меди.

Результаты исследований, представленные в данной статье, показывают, что техническая конопля позволяет эффективно удалить из подотвального стока значительную часть загрязнений тяжелыми металлами, включая наиболее опасные загрязнители, отнесенные к 1 и 2 классу, при одновременной нейтрализации стока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олизаренко, В.В. Рудничный водоотлив при обработке медно–колчеданных месторождений Южного Урала / В. В. Олизаренко, М. М. Мингажев. – Магнитогорск : МГТУ, 2010. – 252 с. – ISBN 978-5-9967-0130-8. – Текст : непосредственный.
2. Шадрунова, И. В. Гидроминеральные медьсодержащие георесурсы Урала / И. В. Шадрунова, А. С. Самойлова, А. Ю. Глухова. – Магнитогорск : Минитип, 2006. – 156 с. – ISBN 5-8004-0059-8. – Текст : непосредственный.
3. Малышев, Ю. Н. Физико–химические процессы при добыче полезных ископаемых и их влияние на состояние окружающей среды / Ю. Н. Малышев, А. Т. Айруни, Е. Ю. Куликова. – Москва : Издательство Академии Горных Наук, 2002. – 270 с. – ISBN 5-7892-0092-3.
4. Абдурахманов, Р. Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана / Р. Ф. Абдурахманов. – Уфа : Информреклама, 2005. – 344 с. – ISBN 5-94780-062-4. – Текст : непосредственный.
5. Абдрахманов, Р. Ф. Влияние техногенеза на поверхностные и подземные воды башкирского Зауралья и их охрана от загрязнения и истощения / Р. Ф. Абдрахманов, Р. М. Ахметов // Геологический сборник. – 2007. – № 6. – С. 266–269.
6. AY, Ugya. Water Pollution Resulting From Mining Activity : An Overview / A.Y. Ugya, Ajibade Fidelis, Ajibade Temitope, 2018.
7. Akabzaa, T. M. Impact of Mining Activities on Water in the Vicinity of the Obuasi Mine / Akabzaa T. M., Banoeng-Yakubo B. K, Seyire J. S. – 2005.
8. Bench, D. W. PCBs, Mining, and Water Pollution / D. W. Bench // Mine Design, Operations and Closure Conference, Polson, Montana, April 27-May 1, 2003. – Montana, 2003.
9. Evaluation of the Environmental Impact of Mining Industry Enterprises / A. V. Vorobyev, K. G. Karginov, S. A. Ananikyan, E. S. Odintsova // Ekologicheskaya ekspertiza (Environmental Expert Review). – № 3. – P 96-104.
10. Akcil, A.. (2006). Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies / Akcil A., Koldas S. // Journal of Cleaner Production. – 2006. – № 14. – P. 1139-1145.
11. Skousen, Jeffrey (2018). Acid mine drainage formation, control and treatment: Approaches and strategies / Skousen Jeffrey, Ziemkiewicz Paul, McDonald Louis. // The Extractive Industries and Society. – 2018. – 6. 10.1016/j.exis.2018.09.008.
12. Akcil, A. Acid mine drainage (AMD): causes, treatment and case studies / Akcil A., Koldas K. J. // Cleaner Prod. – 2006. – 14:1139-1146. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2004.09.006.
13. Skousen, J. Overview of acid mine drainage treatment with chemicals / Skousen J. // Chapter 29. Acid Mine Drainage, Rock Drainage, and Acid Sulfate Soils : Causes, Assessment, Prediction, Prevention, and Remediation. – 2014. – DOI: 10.1002/9781118749197.ch29.



14. Asif, Z. Environmental management in North American mining sector / Asif Z, Z. Chen // Environmental Science and Pollution Research. – 2016. – 23(1). – P. 167-179.
15. Johnson MS, B. A. Prevention of heavy metal pollution from mine wastes by vegetative stabilization / Johnson MS, B. A. // Trans Inst Min Metall A. – 1977(86). – P. 47–55.
16. Krzaklewski, W. M. Pietrzykowski, Selected Physico-Chemical Properties of Zinc and Lead Ore Tailings and their Biological Stabilisation / W. M. Krzaklewski, // Water, Air, and Soil Pollution. – 2002. – 141(1). – P. 125-141.
17. Mendez, M. O. Phytostabilization Potential of Quailbush for Mine Tailings / Mendez, M. O., E. P. Glenn, R. M. Maier // Journal of Environmental Quality. – 2007. – № 36(1). – P. 245-253.
18. Ужас Шемур - экологическая катастрофа на Северном Урале. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=KTfydiIpGms> (дата обращения: 15.01.2025). – Текст : электронный.
19. Морозова, М. А. Фиторемедиация как метод очистки почв / М. А. Морозова // Науки о Земле. – 2018. – № 6(33). – С. 104-106.

SAMODOLOV Aleksandr Pavlovich^{1,2}, assistant of the chair of water management and ecology; postgraduate student of the chair of urban planning, engineering networks and systems

BIOACCUMULATION OF HEAVY METALS FROM AMD EFFLUENTS

¹Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
4, 2nd Krasnoarmeyskaya St., Saint Petersburg, 190005, Russia.
Tel.: +7 (902) 602-29-66; e-mail: asamodolov@lan.spbgasu.ru

²South Ural State University
76, Lenin Prospekt, Chelyabinsk, Chelyabinsk Region, 454080, Russia.
e-mail: samodolov@mail.ru

Key words: technogenic waters, technical hemp, mining and processing enterprise, phytoremediation, bioaccumulation, heavy metals, AMD, pollutants.

The article describes the results of research on the interaction of technical cannabis and acid runoff from a mining and metallurgical enterprise. The possibility of using cannabis to purify acidic wastewater has been analyzed, and the efficiency of extracting heavy metals by plants has been determined. Studies have shown that cannabis can be effectively used to purify wastewater from heavy metals of hazard class 1 and 2. Plants in an aggressive environment continued to develop and reproduce, while extracting a significant part of the pollutants from the source runoff.

REFERENCES

1. Olizarenko V. V., Mingazhev M. M. Rudnichnyy vodootliv pri obrabotke medno-kolchedannykh mestorozhdeniy Yuzhnogo Urala [Mine drainage during the processing of copper-pyrrhite deposits of the Southern Urals]. Magnitogorsk, MG TU, 2010, 252 p.
2. Shadrinova I. V., Samoilova A. S., Glukhova A. Yu. Gidromineralnye medsoderzhashchie georesursy Urala [Hydromineral copper-containing geological resources of the Urals]. Magnitogorsk, Minitip, 2006, 156 p.
3. Malyshev Yu. N., Ayruni A. T., Kulikova E. Yu. Fiziko-khimicheskie protsessy pri dobyche poleznykh iskopaemykh i ikh vliyanie na sostoyanie okruzhayushchey sredy [Physico-



chemical processes during mining and their impact on the environment]. Moscow, Izdatelstvo Akademii Gornykh Nauk, 2002, 270 p.

4. Abdrakhmanov R. F. *Gidrogeoeкологиya Bashkortostana* [Hydrogeoeecology of Bashkortostan]. Ufa, Informreklama, 2005, 344 p.

5. Abdrakhmanov R. F., Akhmetov R. M. *Vliyanie tekhnogeneza na poverkhnostnye i podzemnye vody bashkirskogo Zauralya i ikh okhrana ot zagryazneniya i istoshcheniya* [The influence of technogenesis on surface and groundwater of the Bashkir Trans-Urals and their protection from pollution and depletion]. *Geologicheskii sbornik* [Geological collection]. 2007, № 6, P. 266-269.

6. AY, Ugya. *Water Pollution Resulting From Mining Activity : An Overview* / AY. Ugya, Ajibade Fidelis, Ajibade Temitope, 2018.

7. Akabzaa, T. M. *Impact of Mining Activities on Water in the Vicinity of the Obuasi Mine* / Akabzaa T. M., Banoeng-Yakubo B. K., Seyire J. S. – 2005.

8. Bench, D. W. *PCBs, Mining, and Water Pollution* / D. W. Bench // *Mine Design, Operations and Closure Conference*, Polson, Montana, April 27-May 1, 2003. – Montana, 2003.

9. *Evaluation of the Environmental Impact of Mining Industry Enterprises* / A. V. Vorobyev, K. G. Karginov, S. A. Ananikyan, E. S. Odintsova // *Ekologicheskaya ekspertiza* (Environmental Expert Review). – № 3. – P 96-104.

10. Akcil, A. (2006). *Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies* / Akcil A., Koldas S. // *Journal of Cleaner Production*. – 2006. – № 14. – P. 1139-1145.

11. Skousen, Jeffrey (2018). *Acid mine drainage formation, control and treatment: Approaches and strategies* / Skousen Jeffrey, Ziemkiewicz Paul, McDonald Louis. // *The Extractive Industries and Society*. – 2018. – 6. 10.1016/j.exis.2018.09.008.

12. Akcil, A. *Acid mine drainage (AMD): causes, treatment and case studies* / Akcil A., Koldas K. J. // *Cleaner Prod.* – 2006. – 14:1139-1146. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2004.09.006.

13. Skousen, J. *Overview of acid mine drainage treatment with chemicals* / Skousen J. // Chapter 29. *Acid Mine Drainage, Rock Drainage, and Acid Sulfate Soils : Causes, Assessment, Prediction, Prevention, and Remediation*. – 2014. – DOI: 10.1002/9781118749197.ch29.

14. Asif, Z. *Environmental management in North American mining sector* / Asif Z, Z. Chen // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2016. – 23(1). – P. 167-179.

15. Johnson MS and Bradshaw AD. 1977. *Prevention of heavy metal pollution from mine wastes by vegetative stabilization*. *Trans Inst Min Metall* 86A:47–55

16. Krzaklewski, W. M. *Pietrzykowski, Selected Physico-Chemical Properties of Zinc and Lead Ore Tailings and their Biological Stabilisation* / W. M. Krzaklewski, // *Water, Air, and Soil Pollution*. – 2002. – 141(1). – P. 125-141.

17. Mendez, M. O. *Phytostabilization Potential of Quailbush for Mine Tailings* / Mendez, M. O., E. P. Glenn, R. M. Maier // *Journal of Environmental Quality*. – 2007. – № 36(1). – P. 245-253.

18. *Uzhas Shemura - ekologicheskaya katastrofa na Severnom Urale* [The horror of the Shemur - an ecological disaster in the Northern Urals]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=KTfydiIpGms> (accessed: 15.01.2025).

19. Morozova M. A. *Fitoremediatsiya kak metod ochistki pochv* [Phytoremediation as a method of soil purification]. *Nauki o Zemle* [Earth Sciences]. 2018, № 6(33), P. 104-106.

© А. П. Самодолов, 2025

Получено: 16.01.2025 г.



УДК 628.35

О. А. САМОДОЛОВА, ассистент кафедры водопользования и экологии¹,
аспирант кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем²

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

эл. почта: osamodolova@lan.spbgasu.ru

² ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)", Южно-Уральский государственный университет

Россия, 454080, г. Челябинск, просп. В.И. Ленина, д. 76.

Тел.: +7 (902) 602-29-66; эл. почта: samodolova@mail.ru

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, канареечник, растение-биоаккумулятор, фиторемедиация, локальная очистка.

Приведены результаты исследований по изучению состава и структуры растения канареечник. Определена эффективность извлечения исследованным растением тяжелых металлов из поверхностных сточных вод селитебных территорий в зависимости от температуры и времени контакта канареечника со сточными водами. В результате исследования подтвердилось предположение о возможности использования канареечника в качестве потенциального растения-биоаккумулятора.

Введение

В настоящее время одним из ключевых моментов для поддержания экологического баланса является использование различных природных механизмов в рамках минимизации ущерба, причиняемого антропогенной деятельностью человека, в том числе и водным объектам. Перед человечеством в полной мере возникает вопрос о защите окружающей среды при стремительном развитии экономики. На смену дорогостоящим традиционным системам очистки приходят технологии, подсказанные самой природой. Одним из современных направлений является использование биологических сооружений, для очистки загрязненных сточных вод, попадающих в водоемы. Проходя через водонепроницаемые поверхности городских территорий, поверхностные сточные воды вбирают в себя все присутствующие на территории поллютанты. Их список достаточно широк, но одними из наиболее опасных загрязнителей являются тяжелые металлы.

Широкое распространение в западных странах получили биоинженерные сооружения. Для их успешного функционирования необходим подбор эффективных растений биоаккумуляторов. Данные растения должны соответствовать ряду условий, иметь небольшую стоимость, эффективно расти и развиваться в рамках данного региона, быть многолетними, и, если это сооружение расположено в городской среде, иметь привлекательный (эстетический) внешний вид.

В связи с тем, что биологические сооружения в нашей стране не получили еще должного распространения из-за сложных климатических условий, поиск

растений биоаккумуляторов способных актуален. В научных публикациях рекомендуют различные растения, доказавшие свою эффективность по борьбе с различными загрязнителями [1-10].

Целью статьи является оценка эффективности использования растения канареечник для очистки сточных вод с урбанизированных территорий от тяжелых металлов (на примере Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb и Zn). Внешний вид растения представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид канареечника

Канареечник – многолетний травянистый представитель семейства злаковых с декоративной листвой. Принадлежит к роду «Фалярис», латинское название «*Phalaris arundinacea*». Корневая система растения хорошо разветвленная, ползучая, легко покрывает большие площади. Само растение выглядит как пышный куст, состоящий из множества листьев. Листья растения длинные и заостренные в краю до 2–3 см в ширину, имеют пестрый окрас, а по краю находится белая каемка. Листовая пластина гладкая, с небольшим изломом по центральной жиле, на конце заостренная. Имеет, как правило, бледный зеленый окрас с белыми полосами. Пржилки выражены неярко. Молодая листва имеет ровный край, однако впоследствии от него отделяются тонкие волокна, похожие на ниточки. С июля по сентябрь у растения начинается период активного цветения. Сами по себе бутоны не обладают никакой декоративной ценностью. Они похожи на небольшие выпуклые колоски, в которых содержатся семена. В высоту может достигать до 2 м, в исследовании используется сорт небольшой высоты, достигающий высоты до 50–70 см. Зона морозостойкости – Московская область, большая часть России, северные и горные районы Скандинавии. В дикой природе растение распространено практически везде. Оно встречается в равнинной и болотистой местности, на лугах и в местах, страдающих от частых засух. Оно неприхотливо и легко приживается в любых условиях. Наиболее канареечник распространен на территории Евразийского континента. Не растет он только в условиях вечной мерзлоты Антарктиды.

В настоящий момент многолетние декоративные злаковые растения, в том числе канареечник (Фалярис тростниковый), находят применение в ландшафтном проектировании, так как хорошо вписываются в благоустройство различных территорий, имеют красивый и эстетический вид.

Материалы и методы

В качестве растения биоаккумулятора использовался канареечник. Растения помещались в цилиндр объемом 1 литр, и заливались 800 мл поверхностными сточными водами урбанизированных территорий. Пробы для химического анализа отбирались через заданные промежутки времени.

Исследования состава и структуры канареечника проводились методом электронно-микроскопического анализа. Исследование структуры поверхности выполнялось при степени увеличения элементов растения в 100 раз. Микрофотографии частей растения (корень с внешней и внутренней стороны, стебель, лист) приведены на рис. 2.

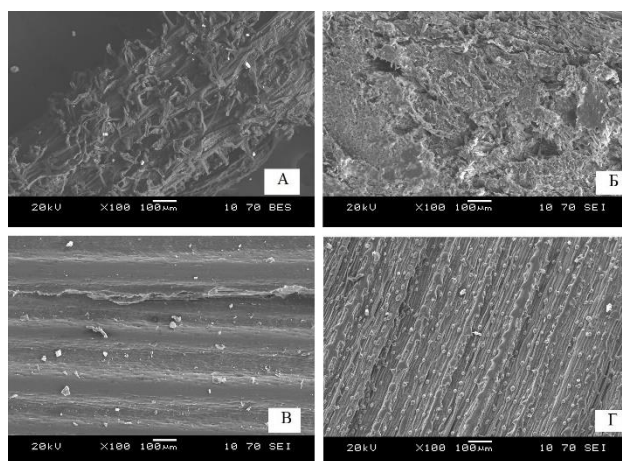


Рис. 2. Микрофотографии элементов растения: А – корень (внешняя сторона); Б – корень (внутренняя сторона); В – стебель; Г – лист

Усредненный состав растений определялся микрорентгеноспектральным анализом образцов различных частей канареечника. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты микрорентгеноспектрального анализа растения канареечник, %

Элемент	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
Содержание элементов, %	48,26	41,71	0,05	0,81	7,39	0,12	0,26	0,99	0,09	0,32

Поверхностный сток с территории города Челябинска отбирался согласно общепринятым методикам. Состав смешанной пробы сточных (ливневых) вод города Челябинска приведен в табл. 2. Из таблицы видно, что сточные ливневые воды загрязнены тяжелыми металлами.



Таблица 2

Химический состав сорбата

Элемент	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	pH
Содержание в городском поверхностном стоке, мг/л	2,707	0,01	0,028	2,624	0,307	0,41	0,286	6,43

Эффективность процесса биоаккумуляции оценивалась по поглощению тяжелых металлов, входящих в состав поверхностных сточных вод в статических условиях.

Температура при проведении исследования составляла 20°C, время экспозиции варьировалось от 1 до 72 часов.

Результаты исследований

На рис. 3 приведены результаты исследования эффективности поглощения поллютантов в системе канареечник – сточная (ливневая) вода в статических условиях.

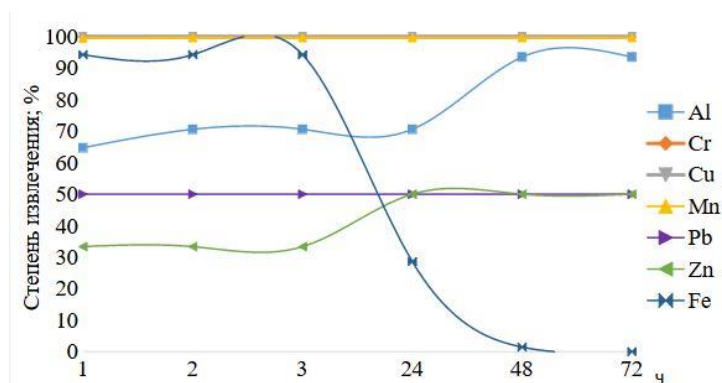


Рис. 3. Степень извлечения поллютантов из пробы сточной воды при $t = 20^\circ\text{C}$ и различном времени контакта, %

Данные экспериментов показывают, что канареечник полностью извлекает из исследуемых сточных вод марганец независимо от времени контакта растения со стоком (от 1 часа до 72 часов). Практически на 94% через 3 часа уменьшена концентрация железа. При увеличении времени выдержки способность биоаккумуляции снижается.

Эффективность извлечения свинца не зависит от времени экспозиции сточных вод с растением, и составила 50% при любом времени воздействия.

При удалении алюминия лучший результат был получен при времени воздействия свыше 48 часов и далее (93,5%), до этого времени степень очистки колебалась в районе 65–70%.

Результаты микрорентгеноспектрального анализа опытных образцов канареечника, полученные после эксперимента (усредненные значения), приведены в табл. 3.



Таблица 3

**Результаты микрорентгеноспектрального анализа образца растения
канареечник после исследования, %**

Элемент	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
Содержа- ние элементов, мас. %	48,02	38,46	0,25	1,01	9,33	0,22	0,67	0,75	0,64	0,65

Сравнительный анализ данных табл. 1 и 3 показал, что при контакте растения с поверхностными сточными водами в составе канареечника происходят изменения. Наблюдается биоаккумуляция растением металлов и неметаллов. Содержание железа увеличивается на 103%, алюминия – на 25%. Особый интерес представляет снижение содержания хлора, угнетающего развитие растений, на 158% и кремния – на 26%.

Необходимо отметить, что уровень pH в системе растение – сточные воды практически не зависит от времени экспозиции (рис. 4).

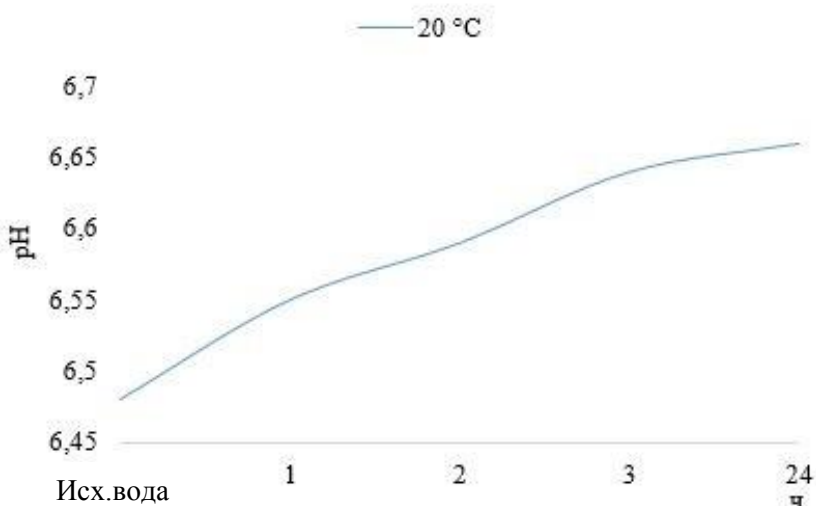


Рис. 4. Изменения pH в зависимости от времени экспозиции

Обсуждение

Данные проведенных исследований показали возможность использования канареечника в качестве растения биоаккумуляторов при разработке технологий очистки сточных вод с урбанизированных территорий. Высокая морозостойкость растения и эффективность биоаккумуляции тяжелых металлов и неметаллов являются основным преимуществом растения канареечник. В стоках городских территорий концентрации тяжелых металлов имеют небольшую величину. Известно, что очистка от слабо концентрированных поллютантов является наиболее сложной технологической задачей. Эксперименты показали, что канареечник полностью извлекает из поверхностных сточных вод марганец. Практически на 94% через 3 часа уменьшена концентрация железа. Эффективность извлечения свинца составила 50% при любом времени



воздействия. При удалении алюминия лучший результат был получен при времени воздействия свыше 48 часов и далее (93,5%). Поглощение цинка составляет 50%. Биоаккумуляция неметаллов (хлора, кремния), которой обладает канареечник, является важным преимуществом растения. Сточные воды с городских территорий насыщены растворимыми солями хлора, за счет использования горожанами хлорированной питьевой воды и хлоридов кальция, натрия в зимний период для ликвидации обледенения. Поэтому извлечение хлора растением, концентрация которого в структуре увеличивается на 158% при контакте со сточной водой, позволит значительно снизить концентрацию не только тяжелых металлов, но и растворимых хлоридов в стоке.

Необходимо отметить, что уровень pH в практически не зависит от времени экспозиции (рис. 4).

Выводы

Исследована эффективность биоаккумуляции растением канареечник тяжелых металлов и неметаллов при очистке поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий.

Показана высокая степень поглощения тяжелых металлов. Практически 98% для железа, 50% для свинца и цинка, 93,5% при удалении алюминия.

Установлено, что канареечник обладает способностью к биоаккумуляции неметаллов (хлора, кремния). Извлечение хлора растением, концентрация которого в структуре увеличивается на 158% при контакте с поверхностными сточными водами, позволит значительно снизить содержание растворимых хлоридов в стоке.

В экологически неблагоприятной среде при проведении экспериментов исследуемые растения увеличили свою массу. По истечении срока эксперимента наблюдался рост новых корней и зеленой массы (листьев).

Полученные экспериментальные данные показывают перспективность использования данного растения в качестве биоаккумулятора для включения его в состав биоинженерного сооружения, так как оно позволяет достаточно эффективно извлекать поллютанты, имеет привлекательный внешний вид, является неприхотливым в уходе, имеет невысокую стоимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sablii, L. Using of Lemna minor for polluted water treatment from biogenic elements / L. Sablii, M. Korenchuk, M. Kozar // *Biotechnologia Acta*. – 2019. – № 12. – P. 79-84.
2. Мищенко, О. А. Влияние ионов тяжелых металлов на растения / О. А. Мищенко, В. П. Тищенко. – Текст : непосредственный // *Современные исследования в гуманитарных и естественнонаучных отраслях : сборник научных статей / Тихоокеанский государственный университет*. – Москва : Перо, 2020. – Часть VI. – С. 6–11.
3. Николайкина, Н. Е. Применение высшей водной растительности для доочистки сточных вод аэропортов / Н. Е. Николайкина, Н. И. Николайкин. – Текст : непосредственный // *Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации*. – 2020. – Том 23, № 3. – С. 73–82.
4. Юхневич, Г. Г. Очистка сточных и природных вод высшими растениями / Г. Г. Юхневич, Е. А. Белова. – Текст : непосредственный // *Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 5. Экономика. Социология. Биология*. – 2017. – Том 7, № 1. – С. 158–164.



5. Мищенко, О. А. П. К вопросу актуальности очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов при помощи высших водных растений / О. А. Мищенко, В. П. Тищенко. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2020. – № 58. – С. 109–115.

6. Ефремова, М. Е. Анализ очистки сточных вод с помощью эйхорнии / М. Е. Ефремова. – Текст : непосредственный // Modern scientific research : II Международная научно-практическая конференция, 23 января 2023 г. : труды конференции. – Пенза : Наука и просвещение, – 2023. – С. 93–96.

7. Холодова, С. Н. О возможности применения водного гиацинта для очистки загрязненных вод / С. Н. Холодова, Д. А. Рудиков. – Текст : непосредственный // Вода и экология: проблемы и решения. – 2019. – № 3 (79). – С. 70–76.

8. Improved of growth and phytostabilization potential of lead (Pb) in *Glebionis coronaria* L. under the effect of IAA and GA3 alone and in combination with EDTA by altering biochemical attributes of stressed plants / A. Tammam, W. El-Aggan, R. Abou-Shanab, M. Mubarak // Int. J. Phytoremediation. – 2021. – № 23. – P. 958–968.

9. Palanivel, T. M. Phytoremediation potential of castor (*Ricinus communis* L.) in the soils of the abandoned copper mine in Northern Oman : implications for arid regions / T. M. Palanivel, B. Pracejus, R. Victor // Environ Sci Pollut Res. – 2020. – № 27. – P. 17359–17369.

10. Малышева, А. И. Особенности использования многолетних злаковых культур в озеленении городских и сельских территорий / А. И. Малышева, Е. Н. Ермакова. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы современных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, 1 марта 2023 г. : труды конференции / Курский государственный аграрный университет им. И. И. Иванова. – Курск. – 2023. – Часть 1. – С. 239–246.

SAMODOLOVA Olesya Aleksandrovna, assistant of the chair of water management and environment¹, postgraduate student of the chair of urban planning, engineering networks and systems²

THE USE OF PERENNIAL CEREAL PLANTS IN THE TREATMENT OF SURFACE WASTEWATER FROM URBANIZED AREAS

¹Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
4, 2nd Krasnoarmeyskaya St., Saint Petersburg, 190005, Russia.
e-mail: osamodolova@lan.spbgasu.ru

²South Ural State University
76, Lenin Prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia.
Tel.: +7 (902) 602-29-66; e-mail: samodolova@mail.ru

Key words: surface wastewater, canary, bioaccumulator plant, phytoremediation, local purification.

The results of research on the composition and structure of the canary plant are presented. The efficiency of extraction of heavy metals by the studied plant from the surface wastewater of residential areas is determined depending on the temperature and time of contact of the canary with wastewater. As a result of the study, the assumption was confirmed about the possibility of using canary as a potential bioaccumulator plant.



REFERENCES

1. Sablii L., Korenchuk M., Kozar M. Using of Lemna minor for polluted water treatment from biogenic elements // *Biotechnologia Acta*. 2019. № 12, P. 79-84.
2. Mishchenko O. A., Tishchenko V. P. Vliyanie ionov tyazhelykh metallov na rasteniya [The effect of heavy metal ions on plants]. *Sovremennye issledovaniya v gumanitarnykh i estestvennonauchnykh otraslyakh* [Modern research in the humanities and natural sciences]. *Sbornik nauchnykh statey. Tikhookeanskiy gos. un-t. Moscow, Pero*, 2020. Ch. VI. P. 6-11.
3. Nikolaykina N. E., Nikolaykin N. I. Primenenie vysshey vodnoy rastitelnosti dlya doochistki stochnykh vod aeroportov [The use of higher aquatic vegetation for the post-treatment of airport wastewater] *Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo un-ta grazhdanskoy aviatsii* [Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation]. 2020, Vol. 23, № 3, P. 73-82.
4. Yukhnovich G. G., Belova E. A. Ochistka stochnykh i prirodnnykh vod vysshimi rasteniyami [Purification of wastewater and natural waters by higher plants]. *Vestnik Grodnenskogo gosudarstvennogo universiteta im. Yanki Kupaly. Seriya 5. Ekonomika. Sociologiya. Biologiya*. [Bulletin of the Yanka Kupala Grodno State University. Episode 5. Economy. Sociology. Biology]. 2017, Vol. 7, № 1, P. 158-164.
5. Mishchenko O. A., Tishchenko V. P. K voprosu aktualnosti ochistki promyshlennykh stochnykh vod ot ionov tyazhelykh metallov pri pomoshchi vysshikh vodnykh rasteniy [On the issue of the relevance of industrial wastewater treatment from heavy metal ions using higher aquatic plants]. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex]. 2020, № 58, P. 109-115.
6. Efremova M. E. Analiz ochistki stochnykh vod s pomoshchyu eykhornii [Analysis of wastewater treatment using eichornia]. *Modern scientific research : sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy. Penza, Nauka i prosvyashchenie*, 2023, P. 93-96.
7. Kholodova S. N., Rudikov D. A. O vozmozhnosti primeneniya vodnogo giacinta dlya ochistki zagryaznennykh vod [On the possibility of using water hyacinth to purify polluted waters]. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya* [Water and ecology: problems and solutions]. 2019, № 3(79), P. 70-76.
8. Tammam A., El-Aggan W., Abou-Shanab R., Mubarak M. Improved of growth and phytostabilization potential of lead (Pb) in *Glebionis coronaria* L. under the effect of IAA and GA3 alone and in combination with EDTA by altering biochemical attributes of stressed plants // *Int. J. Phytoremediation*. 2021. № 23. P. 958–968.
9. Palanivel T. M., Pracejus B., Victor R. Phytoremediation potential of castor (*Ricinus communis* L.) in the soils of the abandoned copper mine in Northern Oman: implications for arid regions // *Environ Sci Pollut Res*. 2020. № 27. P. 17359–17369.
10. Malysheva A. I., Ermakova E. N. Osobennosti ispolzovaniya mnogoletnikh zlakovykh kultur v ozelenenii gorodskikh i selskikh territoriy [Features of the use of perennial cereals in landscaping urban and rural areas]. *Aktualnye voprosy sovremennykh tekhnologiy proizvodstva i pererabotki selskohozyajstvennoy produktsii* [Current issues of modern technologies of production and processing of agricultural products]: *Materialy Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kurskiy gosudarstvennyy agrarny un-t im. I. I. Ivanova. Kursk*, 2023, Ch. 1, P. 239-246.

© О. А. Самодолова, 2025

Получено: 20.01.2025 г.



УДК 628.35

А. Л. ВАСИЛЬЕВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; **С. М. ГУСЕЙНОВА**, ст. преп. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ВОЗВРАТНЫХ ПОТОКОВ ПОСЛЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-87; эл. почта: guseinova.sayad2011@yandex.ru

Ключевые слова: возвратные потоки, очистка сточных вод, загрязнение водных объектов, биологическая очистка, фильтрат, биогенные вещества, загрязнение азотом и фосфором, очистные сооружения.

В статье рассматриваются методы обработки возвратных потоков, образующихся после основных этапов традиционной биологической очистки городских сточных вод, их эффективность, степень внедрения, а также приведены экспериментальные данные по оценке эффективности очистки возвратных вод от органических веществ с помощью озонирования.

За последние десятилетия значительно возрос уровень антропогенного загрязнения водных объектов, что подтверждается официальными статистическими данными, а также ежегодными докладами профильных органов.

Одной из наиболее распространенных является проблема загрязнения водных объектов органическими веществами и такими биогенными элементами, как фосфор и азот, поступающими со сточными водами. Данные элементы являются неотъемлемой составной частью живых клеток, однако их высокое содержание в воде поверхностных водных объектов может привести к ускорению процесса эвтрофикации и продолжительному «цветению», что является губительным для многих гидробионтов и приводит к снижению качества воды в водоеме. В связи с этим вопросы обеспечения экологической безопасности в целом и обеспечения качества воды в частности приобретают всё более актуальный характер.

Наиболее распространенным методом очистки городских сточных вод является биологическая очистка, в процессе которой на станциях на определенных этапах образуются потоки, которые возвращаются в начало очистных сооружений без очистки. К возвратным потокам относятся иловая вода из уплотнителей и иловых площадок, аэробной и анаэробной стабилизации, фугат или фильтрат обезвоживания осадков сточных вод. Также возвратные воды принято называть внутриплощадочными сточными водами.

Возвратные потоки оказывают влияние на эффективность биологической очистки за счет высокой концентрации загрязняющих веществ. К примеру, на городских очистных сооружениях после возврата фильтрата перед первичными отстойниками наблюдается увеличение концентрации фосфатов в осветленной воде на 0,7-1 мг/л и более, что повышает нагрузку по фосфору на очистные сооружения на 10-20% [1]. Степень изученности проблемы очистки



внутриплощадочных сточных вод в отечественной научной среде характеризуется наличием исследовательских работ на данную тему, но практически полным отсутствием опыта масштабного внедрения предлагаемых методов на действующих очистных сооружениях канализации (далее – ОСК).

Данные обстоятельства определяют актуальность изучения существующих и разработки новых методов локальной очистки возвратных потоков от биогенных элементов с перспективой их внедрения на ОСК.

Традиционная биологическая очистка городских сточных вод позволяет удалять из воды содержащие биогенные элементы соединения, такие как, например, азот аммонийный, фосфаты и органические вещества, однако не всегда обеспечивает снижение их концентрации до установленных нормативных значений. Для повышения эффективности очистки сточных вод от соединений азота на некоторых модернизированных отечественных городских очистных сооружениях внедрена зона нитри-денитрификации, позволяющая эффективнее удалять азот аммонийный и нитраты из сточных вод за счет последовательных реакций окисления и восстановления. Данный метод может быть рассмотрен для локальной очистки от соединений азота возвратных потоков, характеризующихся высоким содержанием азота аммонийного, нитратов и требуемых для осуществления процесса гетеротрофной денитрификации органических веществ.

Однако на ОСК могут образовываться возвратные потоки с низким соотношением легкоокисляемых органических соединений к азоту, что затрудняет процесс нитри-денитрификации и обуславливает его неэффективность, а также необходимость добавления дополнительных источников углерода.

Отечественными авторами предложена технология симультанной нитри-денитрификации через нитрит, которая обеспечивает удаление до 75% азота из фильтрата, образующегося после обезвоживания осадка на ленточных сгустителях. Процесс одновременной нитри-денитрификации был апробирован на сливной воде с уплотнителей сброженного осадка без внесения дополнительного источника углерода, что обеспечивает эффективное удаление азота и снижение себестоимости очистки за счет отсутствия необходимости внесения дополнительных источников органических веществ [2].

Среди актуальных методов удаления азота можно выделить технологии, основанные на процессе анаммокс. В отличие от нитри-денитрификации данный процесс осуществляется бактериями анаммокс, протекает в анаэробных условиях и позволяет очищать сточные воды с низким содержанием органических веществ.

Около половины аммония в очищаемой воде окисляется в процессе биологической нитритации до нитрита в отдельном (первом) реакторе или в ходе совместного процесса, при этом вторая половина аммония окисляется образовавшимся нитритом с образованием молекулярного азота.

Процесс характеризуется низким энергопотреблением, малым образованием осадка и высокой энергоэффективностью. Процесс анаммокс позволяет исключить затраты на добавление органического вещества для гетеротрофной денитрификации и значительно уменьшить стоимость аэробной нитрификации [3].

Согласно информационно-техническому справочнику по наилучшим доступным технологиям (далее – НДТ) в области очистки сточных вод, удаление аммонийного азота в анаммокс-процессе отнесено к «перспективной технологии»,



обеспечивающей получение «экологического эффекта, не уступающего НДТ, при существенно меньших затратах» [4].

Технология уже применяется на десятках объектов за рубежом, однако не имеет широкого внедрения в отечественной практике. Необходимо отметить, что в России выполнен большой объем исследований возможности его применения для очистки высококонцентрированных по аммонии сточных вод, разработаны различные технологические схемы процесса, но отсутствие практики внедрения технологии более, чем на 2-х объектах ОСК не позволяет пока отнести ее к НДТ, несмотря на выполнение большинства других требуемых критериев.

Технология анаммокс может быть применена для удаления азота из высококонцентрированных по аммонии возвратных вод, например, фильтрата или фугата, образующихся после механического обезвоживания осадка.

В инженерно-технологическом центре АО «Мосводоканал» разработаны и смонтированы однореакторная и двухреакторная установки «Анаммокс», позволяющие осуществлять удаление из фильтрата ион-аммония в процессе частичной нитрификации-анаммокс. По данным авторов разработки эффективность технологии удаления аммония и органических соединений из возвратных вод обработки осадка достигает 90 % [5].

Среди методов удаления фосфора из сточных вод в качестве наиболее распространенных можно выделить биологическую очистку и физико-химическую. Ввиду ужесточения нормативов сброса с переходом на НДТ традиционная биологическая очистка, как правило, не обеспечивает снижение концентрации до нормативных значений на ОСК больших городов с высоким содержанием фосфатов в поступающей воде.

Физико-химический способ удаления фосфора базируется на применении реагентов (в основном солей Al, Fe, Ca и Mg) для химического осаждения фосфатов. Недостатками метода являются дополнительные затраты на реагенты и образование нерастворимого осадка в больших объемах.

Отечественными авторами предложены методы реагентного удаления фосфора с получением органоминерального удобрения высокого качества, что решает проблему образования осадка и позволяет использовать его вторично.

Реагентный метод может быть применен для очистки возвратных потоков от фосфатов: кристаллизация фосфатов из возвратных потоков сооружений обработки осадка с образованием струвита, согласно справочнику НДТ, отнесена к «перспективным технологиям», позволяющим получить сырье для производства удобрения. Данный метод применим только на возвратных потоках от обезвоживания сброженного осадка [4].

Примером использования реагентного метода с получением органоминерального азотно-фосфорного удобрения является работа отечественных авторов по очистке внутриплощадочных сточных вод с применением реагентов – солей магния или извести в комплексе с гидроксидом натрия. Метод позволяет эффективно удалять из возвратных потоков фосфор (более 80%) с получением высококачественного удобрения [6].

Известен способ обработки фугата, фильтрата и иловой воды с применением обожженного доломита, являющегося природным сорбентом и обеспечивающим эффективное удаление фосфатов (до 99,8%). Для повышения степени очистки предложено интенсифицировать процесс извлечения фосфатов с помощью ультразвуковой обработки или аэрация суспензии. Преимуществом данного



метода является применение материала природного происхождения и возможность использования содержащего фосфор отработанного обожженного доломита в качестве почвоулучшающей добавки [7].

Анализ существующих методов обработки возвратных потоков позволяет сделать вывод, что на данный момент не разработаны комплексные методы обработки, позволяющие удалить из возвратных потоков как органические и взвешенные вещества, так и соединения азота и фосфора. Также, несмотря на разработку новых перспективных методов очистки иловых вод, вопрос их практического внедрения остается актуальным.

На сегодняшний день для дезинфекции сточных вод, а также избирательной очистки промышленных стоков от нефтепродуктов, фенола и других загрязняющих веществ широко применяется озон, имеющий свойство окислять как органические, так и неорганические вещества. Так как фугат и фильтрат после механического обезвоживания осадка представляют из себя высококонцентрированные возвратные потоки, содержащие как органические, так и неорганические вещества, особый интерес представляет изучение возможности их удаления при помощи озонирования.

В рамках научно-исследовательской работы было изучено влияние озонирования на изменение качественных и количественных показателей фугата. Озонирование проводилось при дозе озона 40-60 мг/л в течение 15-20 минут.

Результаты проведенного опыта по основным исследуемым показателям представлены в таблице.

Результат количественного анализа фугата до и после озонирования

Показатель	До озонирования	После озонирования
ХПК, мг/дм ³	1270	1068
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	174	57,5
Фосфат-ион, мг/дм ³	35,8	31
Ион-аммония, мг/дм ³	340	441
Нитрат-ион, мг/дм ³	49,5	39,7

Соотношение ХПК к БПК в исходном фугате указывает на наличие большого количества трудноокисляемых органических соединений. Как следует из результатов анализа, в процессе озонирования происходит снижение показателя БПК₅ на 67%, ХПК – на 16%. Учитывая возможную погрешность измерений, снижение содержания органических веществ в фугате после озонирования можно считать незначительным. Снижение содержания нитратов и фосфатов, а также увеличение концентрации ион-аммония также находится в пределах возможной погрешности измерений. Полученные результаты указывают на возможность применения озонирования только для частичного удаления из фугата органических веществ, а также обуславливают необходимость проведения дополнительных экспериментов с разными режимами применения озон-воздушной смеси для оценки эффективности метода. Окисление органических веществ в возвратных водах методом озонирования в перспективе может



позволить применять его в сочетании с другими методами для комплексной очистки высококонцентрированного фугата и фильтрата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев, А.Л. Анализ влияния возвратных потоков на эффективность биологической очистки сточных вод / А. Л. Васильев, С. М. Гусейнова, М. А. Патова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 3 (71). – С. 82–87.
2. Николаев Ю. А., Казакова Е. А., Харькина О. В., Дорофеев А. Г. Удаление азота из возвратных потоков сооружений обработки осадка путем нитри-денитрификации без дополнительного источника углерода // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 10, ч. 1. – С. 60–64.
3. Аннамокс-бактерии в природе и эколоботехнологии : коллективная монография / А. Н. Ножевникова, Ю. В. Литти, Е. А. Бочкова, Г. М. Зубов ; под общ. редакцией А. Н. Ножевниковой. – Москва : Университетская книга, 2017. – 280 с. : ил. – ISBN 978-5-98699-241-9. – Текст : непосредственный.
4. ИТС 10-2019. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов : утвержден Приказом Росстандарта от 12.12.2019 N 2981 : дата введения 2020-09-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564068889?ysclid=m8igyk8sli332534046>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.
5. Козлов М. Н., Каллистова А. Ю., Пименов Н. В., Кевбрина М. В. Биологическая очистка фильтрата ленточных сгустителей сброженного осадка в пилотной установке аноксидного окисления аммония и контроль ключевых микроорганизмов // Вода: химия и экология. – 2015. – № 1. – С. 22–29.
6. Матюшенко, Е. Н. Удаление фосфора из возвратных потоков площадки очистных сооружений канализации / Е. Н. Матюшенко. – Текст : непосредственный // Вода и экология: проблемы и решения. – 2019. – № 2 (78). – С. 40–49.
7. Сапон Егор Геннадьевич, Марцун Владимир Николаевич Очистка возвратных потоков очистных сооружений от фосфатов обожженным доломитом // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2017. № 1 (193). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-vozvratnyh-potokov-ochistnyh-sooruzheniy-ot-fosfatov-obozhzhennym-dolomitom> (дата обращения: 11.02.2025).

VASILEV Aleksey Lvovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; GUSEINOVA Sayad Mukhtarovna, senior teacher of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry

ANALYSIS OF RETURN STREAM TREATMENT METHODS AFTER BIOLOGICAL TREATMENT OF URBAN WASTEWATER

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya str., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.
Tel.: +7 (831) 430-54-87; e-mail: guseinova.sayad2011@yandex.ru

Key words: return flows, wastewater treatment, pollution of water bodies, biological treatment, filtrate, nutrients, nitrogen and phosphorus pollution, sewage treatment plants.



The article discusses the methods of treatment of return flows formed after the main stages of traditional biological treatment of urban wastewater, their effectiveness, adoption rate, and experimental data evaluating the effectiveness of treatment of return flows from organic substances using ozonation.

REFERENCES

1. Vasilev A. L., Guseynova S. M., Patova M. A. Analiz vliyaniya vozvratnykh potokov na effektivnost biologicheskoy ochistki stochnykh vod [Analysis of the influence of return flows on the efficiency of biological wastewater treatment]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2024, № 3 (71), P. 82–87.
2. Nikolaev Yu. A., Kazakova E. A., Kharkina O. V., Dorofeev A. G. Uдалenie azota iz vozvratnykh potokov sooruzheniy obrabotki osadka putem nitri-denitrifikatsii bez dopolnitelnogo istochnika ugleroda [Nitrogen removal from return flows of sludge treatment facilities by nitri-denitrification without an additional carbon source]. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water Supply and Sanitary Engineering]. Moscow, 2010, № 10, ch. 1, P. 60–64.
3. Nozhevnikova A. N. Litti Yu. V., Bochkova E. A., Zubov G. M. Annamoks-bakterii v prirode i ekobiotehnologii [Annamox bacteria in nature and ecobiotechnology]. Kollektivnaya monografiya pod obshch. red. A. N. Nozhevnikovoy. Moscow, Universitetskaya kniga, 2017, 280 p. il.
4. ITS 10-2019. Informacionno-tekhnicheskii spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam. Ochistka stochnykh vod s ispolzovaniem centralizovannykh system vodootvedeniya poseleniy, gorodskikh okrugov [Reference book on the best available technologies. Wastewater treatment using centralised wastewater disposal systems of settlements, urban districts] :utv. Prikazom Rosstandarta ot 12.12.2019 N 2981 : 2020-09-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564068889?ysclid=m8igyk8s1i332534046>.
5. Kozlov M. N., Kallistova A. Yu., Pimenov N. V., Kevbrina M. V. Biologicheskaya ochistka fil'trata lentochnykh sgustiteley sbrozhennogo osadka v pilotnoy ustanovke anoksnogo okisleniya ammoniya i kontrol' klyuchevykh mikroorganizmov [Biological treatment of the filtrate of belt thickeners of fermented sludge in a pilot plant of anoxic oxidation of ammonium and control of key microorganisms]. Voda: khimiya i ekologiya [Water: Chemistry and Ecology]. Moscow, 2015, № 1, P. 22–29.
6. Matyushenko E. N. Uдалenie fosfora iz vozvratnykh potokov ploshchadki ochistnykh sooruzheniy kanalizatsii [Removal of phosphorus from return flows of the sewage treatment plant site]. Voda i ekologiya: problem i resheniya [Water and ecology: problems and solutions]. 2019, № 2 (78), P. 40–49.
7. Sapon E. G., Martsul V. N. Ochistka vozvratnykh potokov ochistnykh sooruzheniy ot fosfatov obozhzhennym dolomitom [Purification of return flows of treatment facilities from phosphates with calcined dolomite]. Trudy BGTU. Seriya 2: Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya [Proceedings of BSTU. Series 2: Chemical technologies, biotechnology, geoecology]. Minsk, 2017, № 1 (193). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-vozvratnyh-potokov-ochistnyh-sooruzheniy-ot-fosfatov-obozhzhennym-dolomitom> (accessed: 11.02.2025).

© А. Л. Васильев, С. М. Гусейнова, 2025

Получено: 21.02.2025 г.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

УДК 624.05

А. А. ЛАПИДУС¹, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой технологии и организации строительного производства; Я. Д. АГЕЕВА², ассистент кафедры технологии и организации строительства

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

¹Национальный исследовательский университет Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Тел.: +7 (495) 287-49-14; эл. почта: Lapidusaa@mgsu.ru

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин), Россия, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113.

Тел.: +7 (383) 266-43-83; эл. почта: ya.ageyeva@sibstrin.ru

Ключевые слова: BIM-технологии, ТИМ-системы, цифровизация строительства, материально-техническое обеспечение.

В статье представлен анализ актуальных направлений исследований в области цифровой трансформации строительства. Рассмотрен зарубежный опыт и способы применения искусственного интеллекта в организации строительного производства. Представлены возможные пути интеграции ТИМ систем и систем ИИ в организацию материально-технического обеспечения в соответствии с требованиями современного строительного рынка.

За последние пять лет количество исследований, направленных на использование технологий информационного моделирования в строительстве и проектировании зданий и сооружений, значительно выросло (рис. 1). Это привело к внедрению соответствующего обучения и повышения квалификации работников данной отрасли, а также повышению качества отечественного программного обеспечения в области информационного моделирования с последующим их внедрением в производственный процесс.

Преградами на пути к цифровизации строительства до сих пор являются:

1. Отсутствие стандартизации данных. Несмотря на утверждение и вступление в силу стандарта ГОСТ Р 10.00.00.00-2023 «Единая система информационного моделирования. Основные положения», участники строительного процесса до сих пор используют программное обеспечение от разных разработчиков (в большинстве случаев зарубежных), что затрудняет обмен информацией и создание единой цифровой экосистемы [1].

2. Убежденность в ненадежности цифрового документооборота. Достижение положительных результатов цифровой трансформации напрямую зависит от обеспечения безопасности, поскольку как личная, так и корпоративная информация в условиях работы в цифровом пространстве всегда находятся под угрозой [2].

3. Высокие затраты на внедрение ТИМ-систем. Для внедрения цифровых решений и автоматизации процессов требуется инвестировать в новое программное обеспечение, обучение персонала и изменение бизнес-процессов [3].

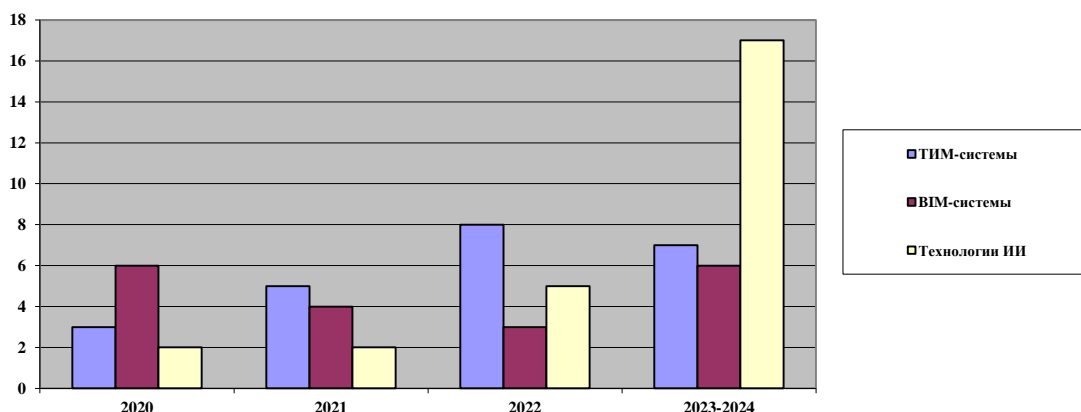


Рис. 1. Анализ количества публикаций в журналах, включенных в перечень ВАК по специальности «Строительство»

Низкий показатель количества публикаций в первый рассматриваемый год с ключевыми словами «технологии информационного моделирования» обусловлен тем, что базовые понятия ТИМ-систем были внесены ГК РФ в соответствии с № 151-ФЗ в 2019 году, а термин «ВМ-системы» использовался чаще, так как он распространен за рубежом и используется разработчиками зарубежного ПО с поддержкой ВМ. Учитывая данный факт, в следующие рассматриваемые года количество публикаций с ключевыми словами «технологии информационного моделирования» и «ВМ-системы» рассматриваются в совокупности, так как ТИМ является официальным названием ВМ-технологий в российской строительной документации.

Запуск стратегии развития информационного общества привел к росту исследований, направленных не только на внедрение ВМ и ТИМ-систем в строительный процесс [4], но и на разработку методик с применением искусственного интеллекта (ИИ).

Проблемы внедрения ИИ являются более серьезными, но решаемыми, если провести параллели с историей развития ВМ и ТИМ-систем.

Большая часть технологий ИИ нашла применение в оптимизации и автоматизации процесса снабжения путем разработки алгоритмов принятия управленческих и организационных решений [5].

Наиболее распространенной технологией ИИ являются генетические алгоритмы (ГА). Разработки моделей управления цепями поставки на базе ГА ведутся с целью улучшения процессов планирования, управления и оптимизации цепей поставок. Генетические алгоритмы позволяют находить оптимальные решения в сложных и динамично изменяющихся средах, учитывая множество переменных и ограничений.

В ранних исследованиях [6, 7] ГА применялся для решения задачи оптимальной планировки строительной площадки в стесненных условиях для оптимального распределения и хранения материальных ресурсов. Проблема проектирования строительного генерального плана (СГП) – это сложная задача комбинаторной оптимизации, включающая в себя множество задач, и ее размер растет экспоненциально по мере увеличения количества объектов на



строительной площадке и ограничений. Кроме того, по мере развития строительства, планировку участка, возможно, потребуется динамически реорганизовывать с различными интервалами по графику, чтобы соответствовать эксплуатационным потребностям.

Подотрасль ИИ – машинное обучение (*ML*) без четких инструкций, позволяет при использовании обучающих данных, разрабатывать алгоритмы для построения математической модели, с помощью которой впоследствии можно спрогнозировать поведение системы при задаваемых входных данных.

Исследования по внедрению узкого типа *ML* в строительной отрасли направлены на разработку систем отслеживания перемещения рабочей силы, оборудования и строительной техники [8]. Другим примером применения данной технологии является генеративное проектирование, которое в совокупности с применением *BIM*-технологий позволяет генерировать несколько вариантов моделей в зависимости от условий оптимальности [9].

Особенности *NLP* заключаются в способности извлечения ценной информации на основе неструктурированного текста, позволяющего классифицировать аварии по различным критериям. Исследования продемонстрировали эффективность *NLP* в автоматизированной классификации отчетов об авариях с повышением эффективности и снижением субъективности [10]. Текстовая информация и изображения могут использоваться для исследований безопасности в других областях строительства, таких как мониторинг процессов, сопутствующих возведению зданий и сооружений, и управление рисками [11].

Также методы *NLP* были применены для автоматизированной проверки строительных спецификаций. Была разработана система распознавания текста на основе распределенного языка, позволяющая оптимизировать процесс проверки документации [12].

Совокупность методов, включающих ТИМ, и методы искусственного интеллекта позволят спроектировать систему организации материально-технического обеспечения, действующую в строгой увязке с процессом возведения зданий и сооружений.

Согласно Приказу Минстроя РФ от 18.06.2022 № 577 определение потребности в материально-технических ресурсах производится на основе государственных сметных нормативов, исходных данных (ТК, рабочие чертежи, ППР, спецификации) и методов технического нормирования.

В процессе составления сметной документации специалисты производят обработку массивного объема текстовых и графических данных, что может быть оптимизировано применением *ML*. Современные программные средства для разработки *BIM*-моделей объектов строительства позволяют автоматически составлять спецификации, при условии установки пользователем специальных отметок на планах и за счет автоматического распознавания программой элементов модели. По сравнению с использованием автоматизированных систем проектирования (*CAD*-систем) и ручным составлением спецификаций функционал *BIM*-систем является более прогрессивным. Однако при высоком уровне детализации (*LOD*) информационной модели масштабных строительных проектов требуется проводить полный анализ их элементов, что является довольно трудоемкой задачей и, как правило, требует привлечения группы



специалистов на каждый тип модели (архитектурный, конструктивный, инженерные сети и т.д.).

Внедрение *ML* и технологии *NLP* в процесс составления спецификаций, в том числе для определения потребности в материально-технических ресурсах подразумевает повышение точности обработки *BIM*-модели на основе распознавания графических данных с сопоставлением их с текстовыми документами и автоматическим определением потребности при отсутствии норм расхода. Так как *BIM*-модель строящегося объекта может изменяться в процессе *СМР*, применение технологий ИИ может помочь динамически адаптировать спецификации и ресурсы к изменяющимся условиям и требованиям проекта. Изменение модели происходит с привлечением соответствующих специалистов информационного моделирования в организацию надзорных мероприятий.

На шаге выбора поставщика определяется перечень критериев на основе полученных данных о потребности в материально-технических ресурсах на предыдущем шаге, с преобразованием данных в формат, пригодный для обучения модели. Данными критериями могут выступать: качество продукции, надежность и репутация, цена и условия поставки, географическое расположение, сертификаты и лицензии, допустимые объемы поставки.

В исследовании Поцулина А. Д. и Сергеевой И. Г. представлено сравнение методов машинного обучения для решения задачи классификации поставщиков, в ходе которого были выявлены преимущества метода дерева данных по сравнению с методом логической регрессии за счет точности, возможности перенастройки модели под условия отбора поставщиков и меньшего количества данных для обучения. [13].

На основе полученной модели производится непосредственное определение наиболее подходящей группы поставщиков в соответствии с заданными характеристиками.

Планирование графика движения грузопотоков осуществляется в строгой увязке с процессом выполнения *СМР*. В зависимости от масштаба проекта и его сложности, график поставок может быть разбит на несколько уровней: общий, еженедельный (ежемесячный) и графики на конкретные этапы работ. В основе графика поставок лежит концепция сохранения резервного запаса на строительной площадке [14] для обеспечения непрерывного ведения работ в соответствии с дискретным характером потребления ресурсов.

В ходе планирования требуется спрогнозировать возможное изменение графика поставки ввиду возникновения непредвиденных ситуаций, обусловленных частично управляемыми факторами производства, и рассмотреть варианты принятия организационно-технологических решений и их последствия. Для данной цели также может применяться технология *ML*, так как использование различных методов поставки, комбинаций загрузки транспортного средства, объемов и интервалов между поставками приводит к увеличению количества вариаций графиков поставки на каждом этапе *СМР*. Разработка модели *ML* также начинается со сбора данных о прошлых поставках, характеристиках материалов на основе нормативных документов, паспортов и сертификатов, временных задержках, изменениях в производственных процессах и других факторах, влияющих на график поставки.

Входной контроль и лабораторные испытания материалов, доставляемых на склад и на строительный объект, в соответствии с СП 48.13330.2019 включает в



себя: проверку соответствия, содержания и достоверности сопроводительной документации от производителя, подтверждающей качество материалов, проверку внешнего вида, состояния поверхности, правильности маркировки, отсутствие критических дефектов и повреждений, которые не соответствуют установленным стандартам. Дополнительно проводятся измерения и лабораторные испытания для подтверждения качества согласно нормативным документам.

В случае полной автоматизации входной контроль может происходить без участия человека, что значительно ускоряет процесс и снижает вероятность ошибок. Для этого разрабатывается система визуальной проверки поступающих на площадку материалов, конструкций и изделий, которая работает на основе различных технологий машинного зрения. Эти технологии включают в себя использование камер и датчиков для сбора изображений и данных, алгоритмы обработки изображений для анализа и классификации объектов в совокупности с технологиями ИИ, направленных на оценку соответствия полученных данных установленным стандартам.

Организация приобъектных складских площадей осуществляется на основе объемов хранения и поставки согласно графику движения грузопотоков. Разработка цифрового двойника СГП с добавлением фактора времени (интеграция 3D модели строительной площадки и календарного графика *СМР*) позволит оценивать объемы выполняемых работ, расход и пополнение запасов в режиме реального времени.

Успешное использование технологий ИИ обусловлено полным и систематизированным сбором входных данных и их точной математической формализацией для приведения к единому формату, который может быть обработан и проанализирован алгоритмами искусственного интеллекта. В начале разработки модели основной задачей является группировка входных данных по каждой составляющей системы материально-технического снабжения для сокращения и ускорения необходимых вычислений. Последовательность шагов модели соответствует этапам организации МТО на строительной площадке, при условии, что на каждом шаге производится уточнение модели ввиду получения новых параметров системы, связанных с особенностями поставки, распределения и хранения ресурсов. После обучения и тестирования модели результаты представляются в форме дерева решений, где каждая ветвь соответствует определенному решению или рекомендации по управлению МТО, а каждое звено обозначает последствия выбранного решения. Заключительным этапом является разработка информационной модели СГП с возможностью отслеживания выполнения работ в соответствии с календарным графиком *СМР*, времени нахождения и положения грузового транспортного средства под разгрузкой и состояния запасов материальных ресурсов.

Несмотря на преимущества применения, главной проблемой разработки и внедрения ИИ остается отсутствие вычислительных мощностей и квалифицированных рабочих, имеющих соответствующий уровень навыка математической формализации требуемых условий и ограничений для разработки модели на базе ИИ. Также преградой развития является отсутствие машиночитаемых данных, что в свою очередь может быть решено в ходе перехода к полноценному цифровому обмену исполнительной документацией в рамках развития ТИМ-систем.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савина, А. Г. Теоретико-методологические основы построения цифровой инфраструктуры управления объектами капитального строительства на базе BIM / А. Г. Савина, Л. И. Малявкина, Д. А. Савин. – Текст : непосредственный // Russian Journal of Economics and Law. – 2023. – № 1. – С. 90–109.
2. Еремена, Г. Р. Проблемы цифровой трансформации предприятий в условиях трендов устойчивого развития / Г. Р. Еремена, О. Б. Казакова. – Текст : непосредственный // Российские регионы в фокусе перемен. – 2023. – С. 27–30.
3. Пирогова, О. Е. Проблемные вопросы применения цифровых платформ в деятельности строительных организаций / О. Е. Пирогова, В. С. Голубев. – Текст : непосредственный // Теория и практика сервиса : экономика, социальная сфера, технологии. – 2023. – № 2 (56). – С. 19–25.
4. Сазонов, А. А. Совершенствование компонентов и задач ИТ-системы ERP в рамках развития технологической концепции "Индустрия 4. 0" / А. А. Сазонов, Р. А. Пантелеева, М. В. Сазонова. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 10. – С. 61–65.
5. Construction supply chain risk management / M. B. Shishehgarkhaneh, R. C. Moehler, Y. Fang [et al.] // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 162. – P. 22.
6. Farmakis, P. M. Genetic algorithm optimization for dynamic construction site layout planning / P. M. Farmakis, A. P. Chassiakos // Organization, technology and management in construction. – 2018. – Vol. 10. – P. 1655–1664.
7. Said, H. Optimal utilization of interior building spaces for material procurement and storage in congested construction sites, Automation in Construction / H. Said, K. El-Rayes. – 2018. – Vol. 31. – P. 292–306.
8. Optimized variable resource allocation framework for scheduling of fast-track industrial construction projects / M. Taghaddos, A. Mousaei, H. Taghaddos [et al.] // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 158. – P. 24.
9. Generative design in building information modelling (BIM) : approaches and requirements / W. Ma, X. Wang, J. Wang [et al.] – 2021. – № 21. – P. 29.
10. Construction site accident analysis using text mining and natural language processing techniques / F. Zhang, H. Fleyeh, X. Wang, M. Lu // Authomation in construction. – 2019. – № 99. – P. 238–248.
11. Shamshiri, A. Text mining and natural language processing in construction / A. Shamshiri, K. R. Ryu, J. Y. Park // Automation in construction. – 2024. – № 158. – P. 16.
12. Moon, S. Automated system for construction specification review using natural language processing, Adv. Eng. Inform / S. Moon, G. Lee, S. Chi. – 2022. – № 51 (2). – P. 16.
13. Поцулин, А. Д. Использование моделей машинного обучения при проведении оценки поставщиков / А. Д. Поцулин, И. Г. Сергеева. – Текст : непосредственный // SAEC. – 2020. – № 3. – С. 159–165.
14. Демиденко, О. В. Планирование комплектации строительных потоков / О. В. Демиденко – Текст : непосредственный // ОНВ. – 2011. – № 1 (95). – С. 43–44.

LAPIDUS Azariy Abramovich¹, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of technology and organization of construction production; AGEEVA Yaroslava Dmitrievna², assistant of the chair of technology and organization of construction

DIGITAL TRANSFORMATION OF CONSTRUCTION LOGISTICS



¹Moscow State University of Civil Engineering

26, Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Russia.

Tel.: +7 (495) 287-49-14; e-mail: Lapidusaa@mgsu.ru

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

113, Leningradskaya St., Novosibirsk, 630008, Russia.

Tel.: +7 (383) 266-43-83; e-mail: ya.ageyeva@sibstrin.ru

Key words: BIM technologies, TIM systems, digitalization of construction, construction logistics.

The article presents an analysis of current research trends in the field of digital transformation of construction. Foreign experience and ways of using artificial intelligence in construction management are considered. Possible ways of integrating systems of information modeling and AI systems into the organization of logistics in accordance with the requirements of the modern construction market are presented.

REFERENCES

1. Savina A. G., Malyavkina L. I., Savin D. A. Teoretiko-metodologicheskie osnovy postroeniya tsifrovoy infrastruktury upravleniya ob'ektami kapitalnogo stroitelstva na baze BIM [Theoretical and methodological foundations for constructing a digital infrastructure for managing capital construction projects based on BIM]. Russian Journal of Economics and Law, 2023, № 1, P. 90-109.
2. Eremena G. R., Kazakova O. B. Problemy tsifrovoy transformatsii predpriyatiy v usloviyakh trendov ustoychivogo razvitiya [Problems of digital transformation of enterprises in the context of sustainable development trends]. Rossiyskie regiony v fokuse peremen [Russian regions in the focus of change]. 2023, P. 27-30.
3. Pirogova O.E., Golubev V.S. Problemnye voprosy primeneniya tsifrovyykh platform v deyatel'nosti stroitel'nykh organizatsiy [Problematic issues of using digital platforms in the activities of construction organizations]. Teoriya i praktika servisa : ekonomika, sotsial'naya sfera, tekhnologii [Theory and practice of service: economics, social sphere, technology]. 2023, № 2 (56), P.19-25.
4. Sazonov A. A., Panteleeva R. A., Sazonova M. V. Sovershenstvovanie komponentov i zadach IT-sistemy ERP v ramkakh razvitiya tekhnologicheskoy kontseptsii "Industriya 4. 0" [Improving the components and tasks of the ERP IT system as part of the development of the technological concept "Industry 4.0"]. Innovatsii i investitsii [Innovations and investments]. 2019, № 10, P. 61-65.
5. Shishehgarkhaneh M. B., Moehler R. C., Fang Y., Aboutorab H., Hijazi A. A. Construction supply chain risk management // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 162. – P. 22.
6. Farmakis, P.M., Chassiakos, A.P. Genetic algorithm optimization for dynamic construction site layout planning // Organization, Technology and Management in Construction. – 2018. – Vol.10. – P. 1655-1664.
7. Said H., El-Rayes K. Optimal utilization of interior building spaces for material procurement and storage in congested construction sites, Automation in Construction. – 2018. – Vol. 31. – P. 292-306.
8. Taghaddos M., Mousaei A., Taghaddos H., Hermann U., Mohamed Y., AbouRizk S. Optimized variable resource allocation framework for scheduling of fast-track industrial construction projects // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 158. – P. 24.
9. Ma W., Wang X., Wang J., Xiang X., Sun J. Generative design in building information modeling (BIM): Approaches and requirements. – 2021. – No. 21. – P. 29.



10. Zhang F., Fleyeh H., Wang X., Lu M. Construction site accident analysis using text mining and natural language processing techniques // Automation in Construction. – 2019. – No. 99. – P. 238–248.
11. Shamshiri A., Ryu K. R., Park J. Y. Text mining and natural language processing in construction // Automation in Construction. 2024. – No. 158. – P.16.
12. Moon S., Lee G., Chi S., Automated system for construction specification review using natural language processing, Adv. Eng. Inform. – 2022. – No. 51(2). – P. 16
13. Potsulin A. D., Sergeeva I. G. Ispolzovanie modeley mashinnogo obucheniya pri provedenii otsenki postavshchikov [Using machine learning models when assessing suppliers]. SAEC, 2020, № 3, P. 159-165.
14. Demidenko O. V. Planirovanie komplektatsii stroitelnykh potokov [Planning of complete sets of construction flows]. ONV, 2011, № 1 (95), P. 43-44.

© А. А. Лapidус, Я. Д. Агеева, 2025

Получено: 31.10.2024 г.



УДК 69.057.4

В. В. МОЛОДИН, д-р тех. наук, проф., зав. кафедрой технологии и организации строительства; **А. А. МОРОЗ**, канд. тех. наук, доц. кафедры технологии и организации строительства; **Р. В. КОТКОВ**, ассистент, аспирант кафедры технологии и организации строительства; **В. А. МОСС**, студент

КОНВЕЙЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ФАСАДНЫХ МОДУЛЕЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ С ПОДАЧЕЙ НА МОНТАЖ ПО ВЕРТИКАЛЬНЫМ НАПРАВЛЯЮЩИМ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин). Россия, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113.

Тел.: (383) 266-41-25; факс: (383) 266-40-83; эл. почта: molodin@sibstrin.ru; lommata@rambler.ru; kotkov.r@ya.ru; v.moos@sibstrin.ru

Ключевые слова: монтаж ограждающих конструкций, светопрозрачный фасад, модульный фасад, элементный фасад.

В статье предложена Новая "конвейерная технология монтажа ограждающих конструкций высотных зданий, позволяющая сочетать низкую трудо- и механоемкость с высокой скоростью и тем самым существенно сократить продолжительность работ.

Введение

Наиболее перспективной технологией устройства светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий является элементный (модульный) монтаж [1]. В заводских условиях, с высоким качеством изготавливаются фасадные элементы, представляющие собой большеразмерные – на высоту этажа – стеклопакеты, обрамленные стальными или алюминиевыми профилями с терморазрывами и снабженные крепежными элементами (рис. 1). Готовые монтажные модули доставляются на стройплощадку и поштучно монтируются между перекрытиями, образуя остекленную ограждающую конструкцию здания.

Элементный монтаж включает в себя:

- изготовление фасадных модулей;
- доставку модулей на строительную площадку;
- подачу модулей в зону монтажа;
- наводку модуля на посадочные кронштейны;
- временное закрепление модуля на посадочных кронштейнах;
- постоянное закрепление фасадного модуля на перекрытии с заделкой монтажных швов.

Следует отметить, что технология предполагает эффективное остекление больших площадей фасадов и не приветствует широкого разнообразия типоразмеров фасадных модулей.

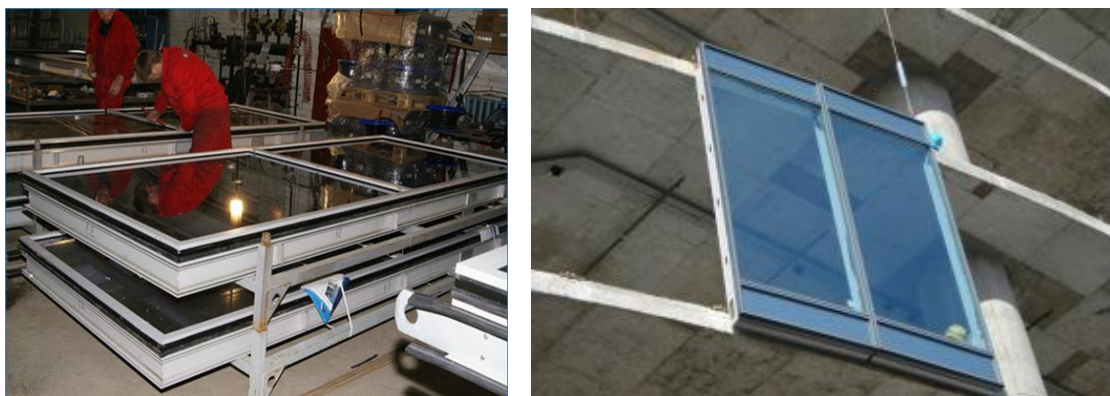


Рис 1. Изготовление фасадных модулей в сборочном цехе и фасадный модуль, смонтированный на каркас здания

Такая технология позволяет:

1. Осуществлять изготовление ограждающей конструкции в заводских условиях. Фасадные модули собираются в закрытом от природных воздействий, отапливаемом помещении с использованием прецизионного оборудования. Это позволяет наладить производство продукции с машиностроительным качеством, что практически невозможно в условиях строительной площадки.

2. Вынести часть процесса устройства ограждающей конструкции с монтажного горизонта. На монтажной площадке выполняются только работы по установке фасадного модуля в проектное положение.

3. Сократить трудоемкость монтажа ограждающей конструкции. На монтажном горизонте выполняются только работы по установке кронштейнов и навешивание на них фасадных модулей.

4. За счет точности изготовления модулей повысить качество работ и существенно сократить сроки устройства ограждающих конструкций.

Однако, опыт остекления высотных зданий показал, что темпы устройства ограждающих конструкций зачастую существенно отстают от темпов возведения каркаса, что тормозит раскрытие фронтов работ по отделке и инженерному оборудованию зданий, а в целом затягивает ввод здания в эксплуатацию. Анализ нормативной, научно-технической литературы и мнения специалистов в области высотного строительства [2] показал, что совершенствование технологии монтажа светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий целесообразно развивать в направлениях:

- модернизации конструктивных решений фасадных систем и монтажных модулей в интересах совершенствования технологии монтажа ограждающих конструкций высотных зданий;

- ограничения степеней свободы при подъеме монтажных модулей (ограждающих конструкций и их частей).

- совершенствования схемы подъема монтажных модулей (элементов ограждающих конструкций) для организации их непрерывной установки на монтажном горизонте.

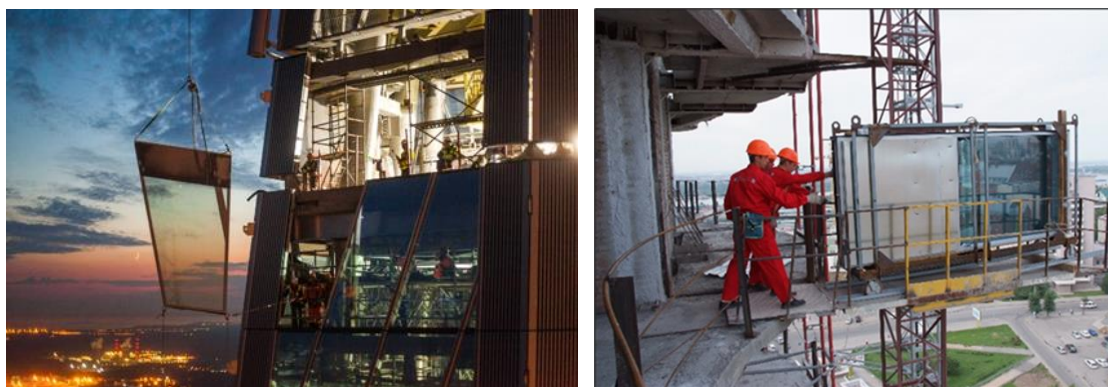
Наиболее технологически сложной и аварийно-опасной операцией в элементном монтаже является подача модулей в зону монтажа. Монтируемый элемент при свободном методе монтажа, в отличие от принудительного, подвержен случайным, непредсказуемым воздействиям – порывам ветра, сбоям

монтажного механизма, ошибкам монтажников, влекущим за собой его повреждения или разрушение. Проблема заключается в организации безаварийного подъема и подачи монтажных модулей к месту их установки в возможно короткие сроки и с минимальной трудоемкостью.

Подача фасадных модулей на монтаж

Доставка фасадных модулей при устройстве ограждающих конструкций высотных зданий на строительную площадку хорошо отработана и проблем не вызывает. С завода модули отгружаются в компактных, хорошо защищающих их во время транспортировки контейнерах. После разгрузки на стройплощадке контейнеры распаковываются и модули поштучно подаются на монтаж.

Подача модулей на монтажный горизонт осуществляется двумя способами. Первый – с внешней стороны здания подъемным краном, второй – лифтовым подъемником внутри или снаружи здания (рис. 2).



a

б

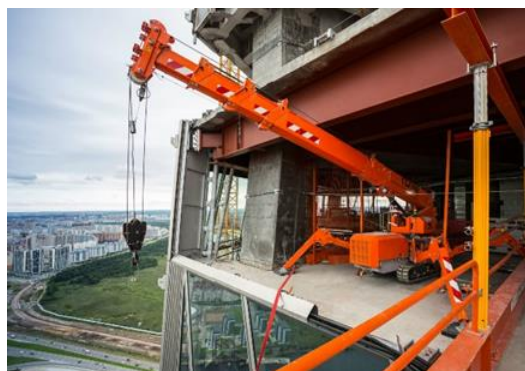
Рис. 2. Способы подачи фасадных модулей на монтаж: *a* – подъем остекленного модуля башенным краном с внешней стороны здания; *б* – подъем модуля на монтажный горизонт лифтовым подъемником

При свободном подъеме фасадных элементов краном на большой высоте вероятны неожиданные порывы ветра, при этом существует риск удара и повреждения остекленных модулей о несущие конструкции здания. Ситуация травмоопасна для монтажников, а возможности страхования монтируемого элемента оттяжками ничтожны.

Во втором случае после доставки на монтажный горизонт модуль перекачивается к месту монтажа на специальных тележках, а для наводки требуется еще и кран-манипулятор, устанавливаемый на вышерасположенных перекрытиях (рис. 3.).



а



б

Рис. 3. Доставка и подача фасадного модуля к месту монтажа при подъеме лифтом: *а* – перемещение модуля по монтажному горизонту на специальной тележке; *б* – кран манипулятор для перевода модуля из транспортного положения в рабочее и наводки в проектное положение

Надо заметить, что в процессе перемещения модулей с большими размерами по монтажному горизонту тележка перемещается по лабиринту из колонн, диафрагм и перегородок, по неровной поверхности монолитной плиты или сборным плитам перекрытия, что вызывает множественные удары.

Все чаще элементы ограждающих конструкций имеют неправильную форму, выступающие из плоскости фасада архитектурные элементы [3]. Это ведет к смещению центра тяжести детали и при наводке – к ее переворачиванию из плоскости фасада и ударам о каркас здания.

После доставки модуля в зону монтажа необходимо снять его с тележки. Из-за равенства высот этажа и модуля перевести его из горизонтального положения в вертикально-наклонное (рис. 4) и, удерживая в таком положении, застроповать грузозахватными приспособлениями крана-манипулятора. Все это нужно выполнить, оберегая хрупкое изделие от ударов.

Затем изделие, страхуя от скольжения по плите перекрытия, выводится за пределы здания для последующей наводки на посадочные кронштейны. При этом возникают те же риски, что и при использовании монтажного крана – вероятность порывов ветра и пр.



а



б

Рис. 4. Перестроповка и наводка фасадного модуля краном-манипулятором: *а* – вывод фасадного модуля за пределы здания; *б* – наводка модуля в проектное положение



Одним словом, при существующих технологиях элементного монтажа основные риски повреждения светопрозрачных фасадных модулей и травмоопасность для монтажников сосредоточены в операциях подачи модулей в зону монтажа и наводке модуля на посадочные кронштейны. Эти риски характерны для методов свободного монтажа, когда монтируемый элемент при доставке к месту монтажа имеет три степени свободы, которые лишь частично могут быть ограничены оттяжками.

Очевидно, что преодолеть отмеченные риски возможно, ограничив степени свободы монтажного модуля при подъеме к месту монтажа и наводке. Такое возможно реализовать, поднимая модуль на монтажный горизонт с помощью тележки, перемещающейся по неким направляющим. А для этого необходимо оснастить каркас здания вертикальными направляющими, которые впоследствии будут использованы для постоянного крепления к ним фасадных модулей.

Рабочая гипотеза и задачи исследования

Превращение вертикальных направляющих в транспортные магистрали позволит, ликвидировав две степени свободы монтируемого элемента, превратить свободный монтаж в принудительный и тем самым добиться безаварийного подъема и подачи фасадных модулей любого размера и конфигурации к месту их установки в возможно короткие сроки, с минимальной трудоемкостью и без риска повреждения.

Подтвердить или опровергнуть сделанное предположение возможно, решив следующие задачи.

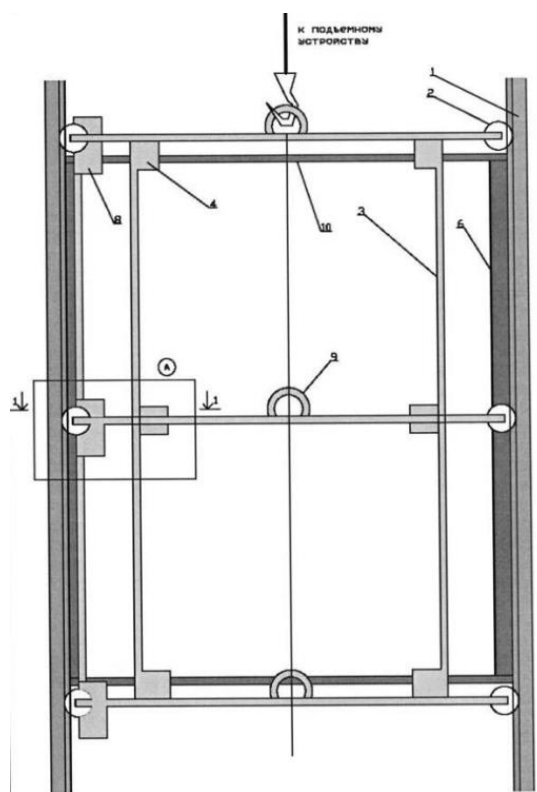
1. Предложить технологию и оборудование для перемещения монтажных модулей по вертикальным направляющим, совмещающих функции восприятия постоянной эксплуатационной нагрузки от фасадных модулей и транспортирования их к месту монтажа.
2. Определить способность вертикальных направляющих воспринимать статические и динамические нагрузки, действующие на транспортную магистраль от перемещающегося по ней монтажного элемента.
3. Оценить возможную конструкцию и способы крепления вертикальных направляющих в качестве транспортной магистрали для перемещения по ней и крепления к ней фасадных монтажных элементов.

Перемещение монтажных модулей по вертикальным направляющим

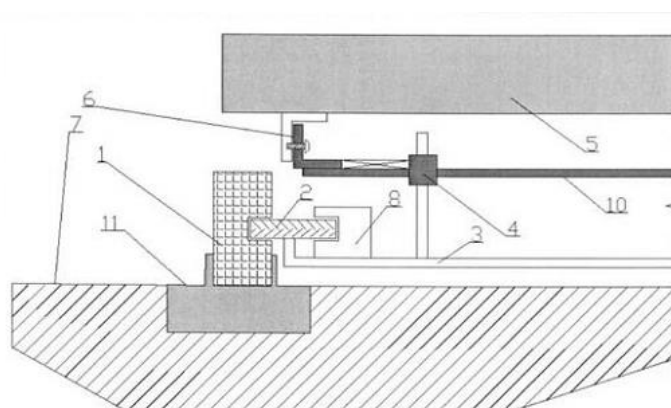
Вертикальные направляющие хорошо известны и широко используются для устройства вентилируемых фасадов. Они имеют два назначения: к ним крепятся элементы декоративного фасада, формирующие вентилируемое пространство и выравнивание фасада по всей его плоскости при неровностях каркаса или несущей стены. Вертикальные направляющие здесь воспринимают эксплуатационные нагрузки от декоративного фасада и ветровые нагрузки.

Представляется целесообразным при устройстве элементных фасадов отказаться от установки на перекрытиях «индивидуальных» посадочных кронштейнов с повышенной трудоемкостью при их выверке и вернуться к постоянному креплению фасадных модулей к вертикальным направляющим и использовать их в качестве транспортных магистралей.

Такие решения были предложены [4-6] и представляют собой систему из закрепленных к межэтажным перекрытиям высотного здания вертикальных направляющих, по которым при помощи лебедки, установленной на верхнем



а



б

Рис. 6. Конструкция подъемной платформы: а – платформа в рабочем положении, б – деталь опорного узла (вид сверху), где: 1 – направляющий профиль; 2 – колесо основной рамы; 3 – основная рама подъемной тележки; 4 – подвижный узел, позволяющий перемещать фасадный модуль как влево-право, так к зданию и от него; 5 – фасадный модуль; 6 – узел крепления фасадного модуля к монтажной раме подъемной тележки; 7 – несущий каркас здания (междуэтажное перекрытие); 8 – механизм распора и страховки подъемной тележки, содержащий механизм распора, тормозной механизм и концевой выключатель подъема; 9 – петля для закрепления к подъемному устройству; 10 – монтажная рама, способная перемещаться независимо от основной рамы к зданию и от него, а также влево-право; 11 – кронштейн

При подъеме фасадный модуль, жестко закрепленный на подъемной платформе, независимо от непредсказуемых воздействий – порывов ветра, сбоя монтажного механизма, ошибок монтажников, влекущих за собой его повреждения, плавно доставляется на монтажный горизонт и закрепляется там на вертикальных направляющих, гарантирующих выравнивание фасада по всей его плоскости при неровностях несущей стены.

Таким образом, задачу по разработке технологии и оборудования для безопасного перемещения монтажных модулей в зону монтажа можно считать решенной.

Вертикальные направляющие для транспортирования монтажных элементов

На вертикальные направляющие, по которым планируется перемещение монтажных элементов, будет воздействовать комплекс статических и динамических нагрузок. К статическим нагрузкам можно отнести собственный вес направляющей и вес уже навешанных на нее монтажных модулей, к динамическим – воздействие перемещающейся по направляющим подъемной платформы с закрепленным на ней монтажным модулем.

Для фиксации роликов подъемной платформы, крепления к посадочным кронштейнам и крепления монтажных модулей была разработана конструкция направляющей стойки. Расчет на устойчивость внецентренно сжатых (сжато-изгибаемых) стержней в плоскости действия момента при изгибе их в плоскости наибольшей жесткости, совпадающей с плоскостью симметрии, были просчитаны нагрузки, действующие на конструкцию при всех возможных комбинациях крепления направляющих и монтажных модулей. С учетом возникающих нагрузок (рис. 7). Были подобраны расчетные сечения направляющей (рис. 8).

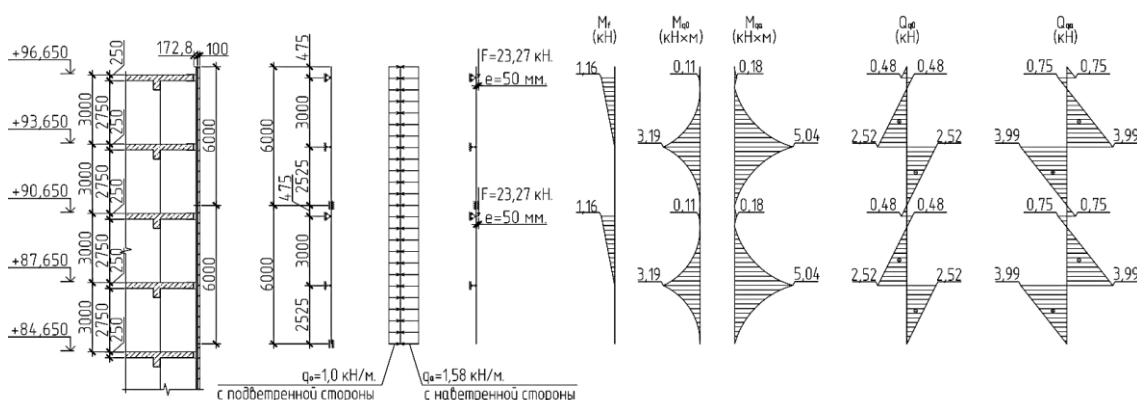


Рис. 7. Конструктивная и расчетная схема направляющей стойки. Эпюры моментов и поперечных сил, возникающих в направляющей

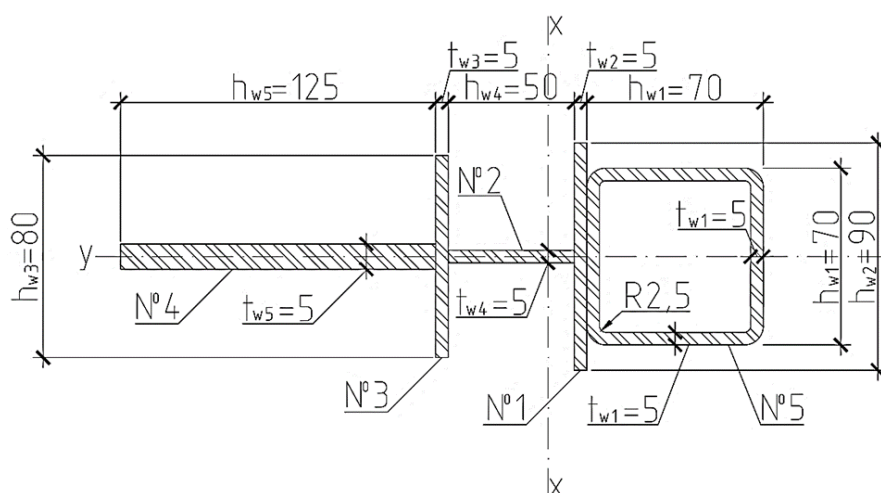


Рис. 8. Составное сечение направляющей стойки: 1 – листовой металл (90×мм 6000 мм×5 мм); 2 – листовой металл (50×76 мм 6000 мм×5 мм); 3 – листовой металл (80×мм 6000 мм×5 мм); 4 – листовой металл (125×мм 115 мм×5 мм); 5 – гнутосварная труба Гн70×5

Узлы крепления вертикальных направляющих и фасадных модулей к каркасу здания

Вертикальные направляющие должны быть надежно закреплены на железобетонных междуэтажных перекрытиях. Учитывая уровень точности устройства железобетонных каркасов высотных зданий в условиях строительной площадки и прецизионную точность изготовления элементных фасадов на заводе, необходимо предусматривать возможность выверки и рихтовки посадочных кронштейнов.

Известны различные типы посадочных кронштейнов для модульных фасадов. В практике строительства применяются индивидуальные одиночные и парные кронштейны (рис. 9), позволяющие снизить трудоемкость их установки и выверки против одиночных. Каждый модуль крепится за два кронштейна.

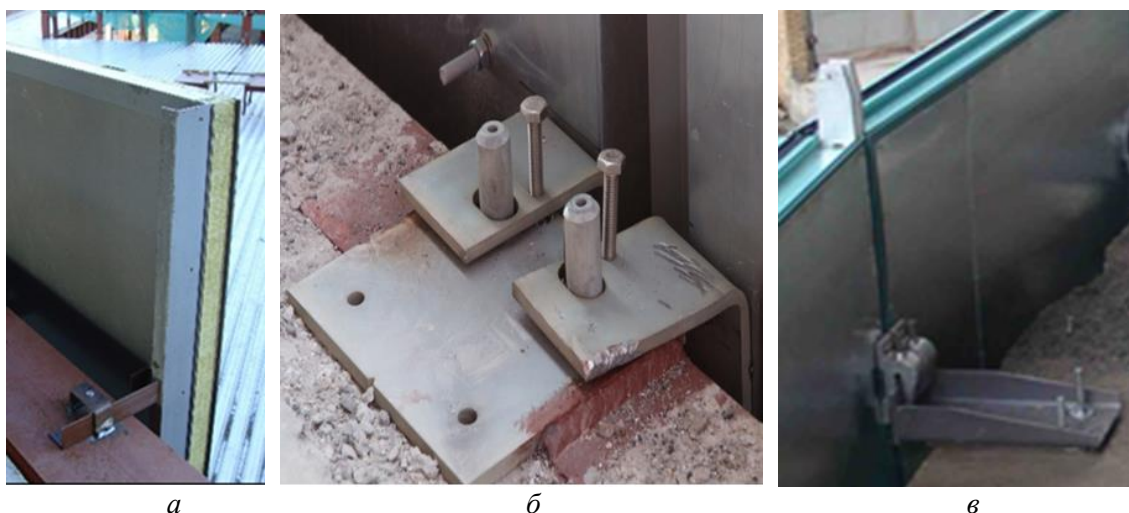


Рис. 9. Посадочные кронштейны для монтажа и юстировки фасадных модулей: а – индивидуальные; б, в – парные

Для транспортирования и монтажа фасадных модулей на вертикальные направляющие требуется высокая точность их установки. Однако, учитывая точечное крепление направляющих к перекрытиям, были разработаны специальные кронштейны, позволяющие легко выставить конструкцию в проектное положение, и рассчитаны крепежные болты соответствующего сечения (рис. 10). Количество анкеров, необходимых для крепления кронштейнов, следует определять на основании расчета несущей способности конструкции НФС с учетом конструктивных требований.

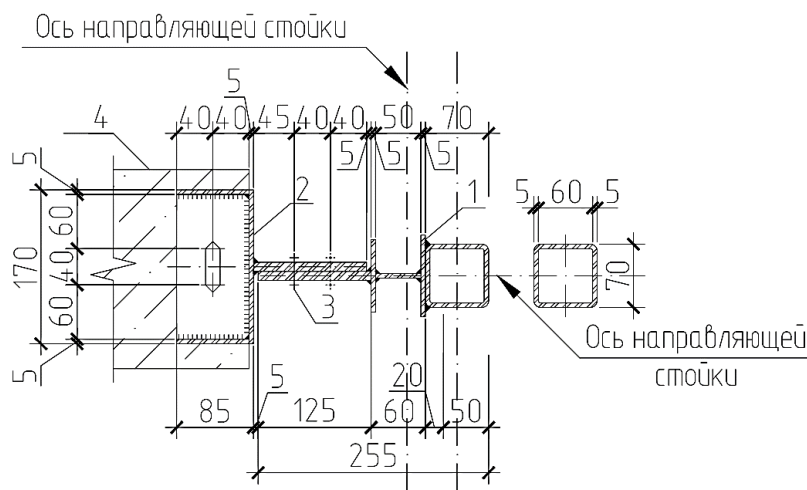


Рис 10. Схема крепления направляющей стойки составного сечения к кронштейну: 1 – направляющая стойка составного сечения, 2 – кронштейн, 3 – болт $d=16$ мм, 4 – железобетонное перекрытие

Крепление фасадных модулей к направляющей стойке выполняется сразу по прибытию ее к месту монтажа. Оно осуществляется болтами через уголки, являющиеся частью обрамления стеклопакета и надежно удерживает его в проектное положение (рис. 11).

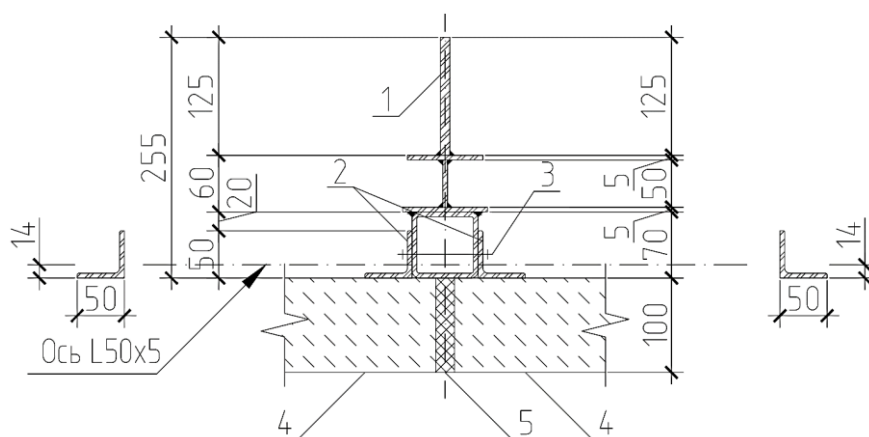


Рис. 11. Схема крепления фасадного модуля к направляющей стойки составного сечения с помощью металлического равнополочного уголка ($50 \times 50 \times 5$): 1 – направляющая стойка составного сечения, 2 – металлический равнополочный уголок ($50 \times 50 \times 5$), 3 – болт $d=16$ мм, 4 – фасадный модуль, 5 – уплотнитель

Очередность выполнения технологических операций приводится на рис. 12. Такая технология вместе с непрерывной подачей фасадных модулей в зону монтажа позволяет в разы ускорить продолжительность работ, предотвратить возможные повреждения монтажных элементов при доставке их на монтажный горизонт и нивелировать неровности фасада.

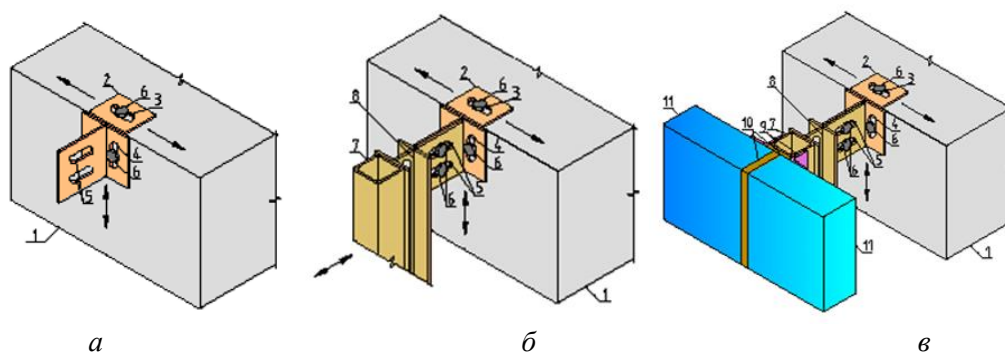


Рис. 12. Очередность выполнения операций по монтажу: *а* – кронштейна; *б* – направляющей; *в* – фасадных модулей, где: 1 – ж/б перекрытие; 2 – кронштейн; 3 – овальное отверстие для регулировки кронштейна в горизонтальной плоскости; 4 – овальное отверстие для регулировки кронштейна в вертикальной плоскости; 5 – овальное отверстие для регулировки направляющей стойки в горизонтальной плоскости; 6 – стальной болт; 7 – металлическая направляющая стойка; 8 – монтажное отверстие

Заключение

Предложенная конвейерная технология монтажа ограждающих конструкций высотных зданий с использованием вертикальных направляющих для крепления фасадных модулей также в качестве транспортных магистралей для подачи их на монтаж позволяет, ликвидировав две степени свободы монтируемого элемента, превратить свободный монтаж в принудительный. Это дает возможность безаварийного подъема модулей любого размера и конфигурации к месту их установки в возможно короткие сроки, с минимальной трудоемкостью и без риска повреждения.

Для реализации технологии расчетами обоснованы и спроектированы основные элементы фасада – вертикальные направляющие, посадочные кронштейны и крепеж. Разработано и защищено патентами РФ основное монтажное приспособление – подъемная платформа, состоящая из основной и крепежной рам. В комплексе эти технические решения позволяют в разы сократить монтаж ограждающих конструкций высотных зданий, повысив культуру производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вахрушев, К. Г. Классификация светопрозрачных фасадов : анализ классификационных признаков / К. Г. Вахрушев, А. П. Константинов. – Текст : электронный // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 7. – С. 77–84. – DOI 10.33622/0869-7019.2019.07.84–91.
2. Котков, Р. В. Совершенствование технологии монтажа светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий / Р. В. Котков, В. В. Молодин,



А. А. Мороз. – Текст : электронный // Известия вузов. Строительство. – 2024. – № 1. – С. 89–105. – DOI 10.32683/0536-1052-2024-781-1-89-105.

3. Проектирование и возведение светопрозрачных оболочек криволинейных поверхностей с применением стоечно-ригельных конструкций / К. Г. Вахрушев, В. Ю. Озеров, С. В. Звягинцев, С. В. Мельник. – Текст : электронный // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 10. – С. 50–61. – DOI 10.33622/0869-7019.2023.10.50–61.

4. Патент № 2787176 С1 Российская Федерация. Подъемная платформа для монтажа модульных ограждающих конструкций высотных зданий : № 2021133905 : заявл. 19.11.2021 : опубл. 29.12.2022 / Р. В. Котков, А. А. Мороз, В. В. Молодин В. В. ; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – 10 с. : ил. – Текст : непосредственный.

5. Патент № 2020118074 А Российская Федерация. Способ монтажа модульных ограждающих конструкций высотных зданий. № 2020118074 : заявл. 21.05.2020 : опубл. 29.11.2022. / Р. В. Котков, А. А. Мороз, В. В. Молодин В. В. ; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – 2 с. – Текст : непосредственный.

6. Патент № 2756821 С1 Российская Федерация. Ограждающая конструкция высотного здания : № 202011875 : заявл. 21.05.2020 : опубл. 06.10.2021 / Р. В. Котков, А. А. Мороз, В. В. Молодин В. В. ; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – 13 с. : ил. – Текст : непосредственный.

MOLODIN Vladimir Viktorovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of technology and organization of construction; MOROZ Andrey Anatolevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of technology and organization of construction; KOTKOV Roman Vasilevich, assistant, postgraduate student of the chair of technology and organization of construction; MOSS Valeriy Anatolevich, undergraduate student

CONVEYOR TECHNOLOGY FOR MOUNTING FACADE MODULES OF HIGH-RISE BUILDINGS WITH FEEDING FOR INSTALLATION ALONG VERTICAL RAILS

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)

113, Leningradskaya St., Novosibirsk, 630008, Russia.

Tel.: (383) 266-41-25; fax: (383) 266-40-83; e-mail: molodin@sibstrin.ru; lommeta@rambler.ru; kotkov.r@ya.ru; v.moos@sibstrin.ru

Key words: installation of enclosing structures, translucent facade, modular facade, element facade.

The article proposes a new conveyor technology for the installation of enclosing structures of high-rise buildings, which allows installation with low labor and mechanical intensity, at high installation speed, thereby significantly reducing the duration of work.

REFERENCES

1. Vakhrushev K. G., Konstantinov A. P. Klassifikatsiya svetoprozrachnykh fasadov : analiz klassifikatsionnykh priznakov [Classification of translucent facades: analysis of



classification features]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil construction]. 2019, №7, P. 77-84. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.07.84-91.

2. Kotkov R. V., Molodin V. V., Moroz A. A. Sovershenstvovanie tekhnologii montazha svetoprozrachnykh ograzhdayushchikh konstruksii vysotnykh zdaniy [Improving the technology of installation of translucent enclosing structures of high-rise buildings]. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo*. [News of higher educational institutions. Construction]. 2024, № 1, P. 89-105. DOI: 10.32683/0536-1052-2024-781-1-89-105.

3. Vakhrushev K. G., Ozerov V. Yu., Zvyagintsev S. V., Melnik S. V. Proektirovanie i vozvedenie svetoprozrachnykh obolochek krivolineinykh poverkhnostei s primeneniem stoechno-rigelnykh konstruksii [Design and construction of translucent shells of curved surfaces using rack-and-crossbar structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil construction]. 2023, №10, P. 50-61. DOI: 10.33622/0869-7019.2023.10.50-61.

4. Patent № 2787176 S1 Rossiyskaya Federatsiya. Podemnaya platforma dlya montazha modulnykh ograzhdayushchikh konstruksiy vysotnykh zdaniy [Lifting platform for installation of modular enclosing structures of high-rise buildings] : № 2021133905 : zayavl. 19.11.2021 : opubl. 29.12.2022 / R. V. Kotkov, A. A. Moroz, V. V. Molodin V. V. ; zayavitel i patentoobladatel Novosibirskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. 10 p. il.

5. Patent № 2020118074 A Rossiyskaya Federatsiya. Sposob montazha modulnykh ograzhdayushchikh konstruksiy vysotnykh zdaniy. [Method of installation of modular enclosing structures of high-rise buildings]: № 2020118074 : zayavl. 21.05.2020 : opubl. 29.11.2022. / R. V. Kotkov, A. A. Moroz, V. V. Molodin V. V. ; zayavitel i patentoobladatel Novosibirskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. 2 p.

6. Patent № 2756821 S1 Rossiyskaya Federatsiya. Ograzhdayushchaya konstruksiya vysotnogo zdaniya [Enclosing structure of a high-rise building] : № 202011875 : zayavl. 21.05.2020 : opubl. 06.10.2021 / R. V. Kotkov, A. A. Moroz, V. V. Molodin V. V. ; zayavitel i patentoobladatel Novosibirskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. 13 p.

© В. В. Молодин, А. А. Мороз, Р. В. Котков, 2025

Получено: 28.06.2024 г.



УДК 624.014.7

И. А. ГУЛИН, аспирант, ст. преп. кафедры технологии строительства;
В. В. МЫЛЬНИКОВ, д-р физ.-мат. наук, проф. кафедры технологии строительства;
О. Б. КОНДРАШКИН, зав. кафедрой технологии строительства;
Д. И. МИНДРИН, аспирант, асс. кафедры технологии строительства;
Н. А. РЯБОВ, студент

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИСПЕРСНО- УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-74; эл. почта: tsp-nngasu@mail.ru

Ключевые слова: алюминиевые дисперсно-упрочненные материалы, сопротивление усталости, композит, деформационный рельеф, долговечность, циклическая прочность.

Изучены структурно-деформационные особенности поведения экспериментального дисперсно-упрочненного композиционного материала на основе алюминия, полученного методом внутреннего окисления, при циклическом деформировании с использованием оптической прямой, цифровой и растровой электронной микроскопии. Отмечен небольшой разброс экспериментальных данных показателей сопротивления усталости образцов. Представлены усталостные характеристики и выявлен механизм зарождения и распространения усталостных трещин, фрактография поверхности усталостного разрушения. Установлено, что полученный экспериментальный материал имеет перспективы для применения в изготовлении современных облегченных изделий в строительстве.

Введение

Конструкции из алюминиевых сплавов обладают общими для металлических конструкций достоинствами: индустриальностью изготовления, транспортабельностью, сборностью, возможностью осуществления монтажа крупными блоками, разборностью, долговечностью и надежностью в эксплуатации. Алюминиевые конструкции наиболее легки, даже по сравнению со стальными, поскольку отношение расчетного сопротивления к плотности при одинаковой прочности сопоставляемых материалов у алюминия примерно в 3 раза выше, чем у стали [1].

Благодаря значительной антикоррозионной стойкости алюминия, которая к тому же может быть повышена оксидированием, эмалированием и другими способами, снижаются эксплуатационные расходы и возрастает долговечность конструкций, что особенно важно при наличии агрессивной среды. Отличительной особенностью алюминиевых конструкций по сравнению со стальными является также возможность обеспечения особых эксплуатационных требований благодаря таким свойствам материала, как высокая отражательная способность полированной поверхности, антимагнитность, нетоксичность, а также неспособность к образованию искр при ударах.



Немаловажное значение для строительных конструкций имеет их внешний вид, который при применении алюминия может быть улучшен благодаря фактуре самого материала, а также возможности использования архитектурных деталей, разнообразных форм и рисунка, изготавливаемых в заводских условиях. Из большого числа сплавов различных композиций, производимых отечественной промышленностью, к использованию в строительстве нормы рекомендуют шесть марок деформируемого алюминия и один литейный. В числе деформируемых сплавов три марки термически неупрочняемого алюминия (АД1М, АМц, АМгМ) и три марки термически упрочняемого (АД31, 1915, 1935). Литейный сплав (АМ8) относится к числу термически неупрочняемых. Некоторые из сплавов применяются в различных состояниях поставки. Например, сплав марки АД31 – в четырех различных состояниях (Т, Т1, Т4, Т5). Ограниченное число марок сплавов продиктовано производственными соображениями [2].

В нормах приведены рекомендации по использованию марок алюминия и полуфабрикатов из них в зависимости от назначения конструкций, которые разбиты на четыре группы применения: группа I – ограждающие и другие конструкции типа оконных и дверных заполнений, подвесных потолков, перегородок, витражей и т.п.; группа II – конструкции, выполняющие одновременно несущие и ограждающие функции: блоки покрытий, кровельные и стеновые панели и т.п.; группа III – несущие сварные конструкции: фермы, колонны, прогоны, пространственные решетчатые покрытия, сборно-разборные конструкции каркасов зданий, покрытия больших пролетов и др.; группа IV – клепаные конструкции, а также элементы конструкций, не имеющие сварных соединений. Основное расчетное сопротивление алюминия R , принятое единым при расчетах на растяжение, сжатие и изгиб, установлено делением нормативного сопротивления R_n на коэффициент надежности по материалу γ_t . При этом за нормативное сопротивление принимают либо условный предел текучести, либо временное сопротивление разрыву, значения которых установлены ГОСТ 57352-2016. Диаграмма $q - \epsilon$ алюминия не имеет выраженной площадки текучести, поэтому за предел текучести принято напряжение, соответствующее остаточному удлинению, равному 0,2%. Численные значения коэффициентов надежности по материалу при нахождении расчетного сопротивления по пределу текучести приняты $\gamma_t = 1,1$, при вычислении расчетного сопротивления по временному сопротивлению разрыву $\gamma_t = 1,45$. За расчетное сопротивление принимается меньшее из двух значений, определенных по σ_0 и σ_b . Для конструкций, эксплуатируемых при расчетной температуре наружного воздуха 51 – 100° С, расчетные сопротивления понижаются умножением основного расчетного сопротивления на коэффициент γ_t . Значение этого коэффициента для алюминия марок АМг2, АД31, 1915, 1935 и АЛ8 вне зависимости от состояния поставки $\gamma_t = 0,9$ и для алюминия марок АД1 и АМц – $\gamma_t = 0,85$. Расчетные сопротивления алюминия на срез R_s , смятие торцевой поверхности R_v и смятие местное при полном касании R_{iv} установлены умножением основного расчетного сопротивления R на соответствующие коэффициенты перехода: $\gamma_s = 0,6$; $\gamma_p = 1$ и $\gamma_{ip} = 0,75$. На прочность конструкции рассчитывают по упругой стадии работы материала. Исключение составляют некоторые виды листовых конструкций, эксплуатация которых допускается в стадии развития пластических деформаций. В этих случаях расчетное сопротивление алюминия марки АМг2М на растяжение принимается увеличенным против основного на 20 %, а для марок АД1М и



АМцМ – на 40 %. Значения коэффициентов условий работы γ_c для элементов алюминиевых конструкций приняты немного сниженными по сравнению с коэффициентами для стальных конструкций. Например, для сжатых элементов решетки плоских ферм $\gamma_c = 0,75$ при $\lambda > 50$ и $\gamma_c = 0,9$ при $\lambda \geq 50$, вместо $\gamma_c = 0,8$ при $\lambda \geq 60$ для стальных элементов; в пространственных конструкциях для раскосов из одиночных уголков при креплении их к поясам одной заклепкой или болтом $\gamma_c = 0,6$ вместо $\gamma_c = 0,75$. В связи с пониженным значением модуля упругости предельные значения гибкостей для сжатых и для растянутых элементов алюминиевых конструкций установлены на 20–30 % ниже, чем для стальных. По тем же соображениям предельное расстояние между соединениями (прокладками, шайбами и т.п.) составных сжатых элементов, рассчитываемых как сплошностенчатые, уменьшено до 30% (против 40%).

Алюмоматричные композиты являются искусственно созданными человеком материалами, которые обладают комплексом уникальных физико-механических свойств, неприсущих природным материалам. Существует несколько способов получения такого рода материалов: спрей-технология (*spray deposition and consolidation*); метод замешивания (*stir casting*) с последующим суспензионным литьем и ее разновидность *stir casting* – совмещение частиц армирующей фазы с матрицей, находящейся в твердо-жидком состоянии (*compo-casting*); методы пропитки (*infiltration process*), при этом пропитка может быть гравитационной или принудительной [1-6]. В представленной работе получали материал по методу внутреннего окисления, который принципиально отличается от перечисленных выше и показан нами в работе [7]. Большинство исследований механических свойств алюмоматричных материалов, опубликованных в современной литературе, описывают поведение материала под действием статических и ударных нагрузок, а также триботехнические свойства [8-9]. Однако использование изделий из алюминиевых композитов в строительной индустрии показывает актуальную необходимость проведения циклических испытаний.

Цель работы – исследовать сопротивление усталости и особенности деформирования и разрушения дисперсно-упрочненных композиционных материалов на основе алюминия при циклических испытаниях.

Материал и методика испытаний

Дисперсно-упрочненный алюмоматричный композиционный материал (ДУАКМ) состава Al-Al₂O₃ (15%) полученный методом жидкофазного окисления алюминия путем продувки расплава кислородом относится к группе дисперсно-упрочненных композитов. В качестве исходного сырья для его получения был взят алюминий марки А6. Химический состав марки А6 по ГОСТ 11069–2001: (Al) 99,6 %; (Fe) 0.25%; (Si) 0.2%; (Ti) 0.03%; (Cu) 0.01%; (Zn) 0.06%. Был разработан и сконструирован оригинальный стенд для реализации разрабатываемого метода внутреннего окисления, состоящий из высокотемпературной индукционной печи (рис. 1. поз. I), системы хранения и подачи кислорода. Экспериментальный стенд также включал в себя высокоточный газовый щит, на выходе из которого был смонтирован игольчатый вентиль для точной регулировки подачи газа, соединенный с манометром для контроля давления, после иголки переходящий в обычный шаровый вентиль и ротаметр. Алюминиевые чушки загружали в печь (рис. 1. поз. I, тигель 4) и расплавляли. Далее в расплав алюминия вводили карбидокремниевую трубку (рис. 1. поз. I, трубка 3), имеющая систему регулировки по вертикали (1) и по углу

(2), которая герметично соединялась со стальной трубкой, которая в свою очередь крепилась к ротаметру. По этой системе подавали кислород в расплав алюминия. Для нежелательного окисления алюминия формировали среду защитного инертного газа путем подачи по трубке (5), показанной на рис. 1.

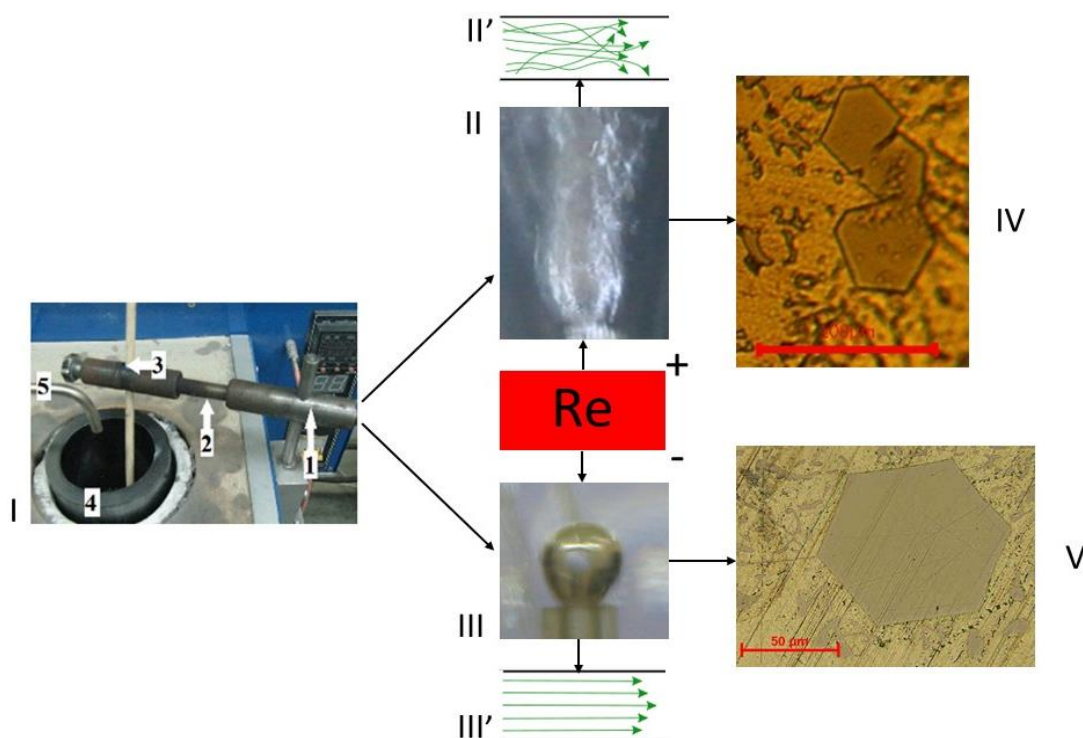


Рис. 1. Схема получения упрочняющей фазы: I – рабочая часть печи с демонтированной теплоизоляцией; II – струя подаваемого газа-окислителя с характерным турбулентным режимом движения II; III – единичный пузырек газа-окислителя с характерным ламинарным режимом движения III; IV – микроструктура, получаемая при реализации процесса II; V – микроструктура, получаемая при реализации процесса III

В результате высокотемпературной химической реакции $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$ синтезировали керамическую фазу непосредственно в самом расплаве в одну стадию осуществляемого процесса. Для устранения литейных дефектов и дегазации проводили продувку аргоном получаемого материала непосредственно перед разливкой в стальные кокиля небольшого размера (рис. 2,а). Микроструктура полученного сплава показана на рис. 2,б. Далее отливки подвергались механической обработке на токарном станке и по размерам, показанным на эскизе (рис. 2,в) изготавливались образцы для испытаний на усталость, которые механически полировались.

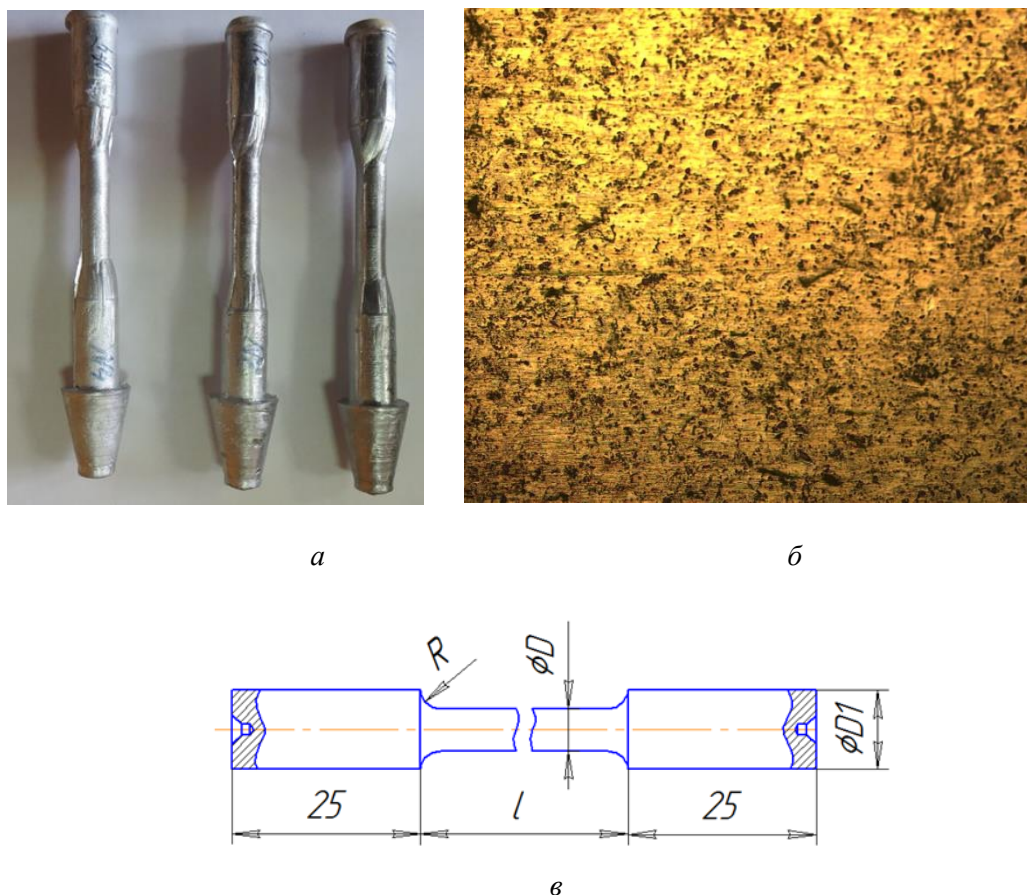


Рис. 2. Изображения: *а* – литые цилиндрические образцы, полученные методом литья в стальную форму; *б* – микроструктура этого сплава ($\times 100$); *в* – эскиз цилиндрического образца для усталостных испытаний: $\phi D = 7,5$ мм; $\phi D1 = 12$ мм; $R = 10$ мм; $l = 90$ мм

Испытания образцов на усталость по схеме консольного изгиба вращающегося цилиндрического образца (рис. 3,*а*) проводили на установке (рис. 3,*б*) при комнатной температуре 20°C.

Комплексную оценку сопротивления усталости материала производили, используя систему параметров, предложенных в работе [10]. На рис. 3,*в* схематически изображена кривая усталости, которая в логарифмических координатах принимает вид прямой, точки на рисунке показывают значения напряжений в МПа и долговечностей в количествах циклов нагрузки, при которых произошло разрушение образцов. Пунктиром обозначена область разброса экспериментальных данных. Степень сходимости полученных экспериментальных данных с построенной кривой усталости определяли с помощью коэффициента корреляции (формула 10).

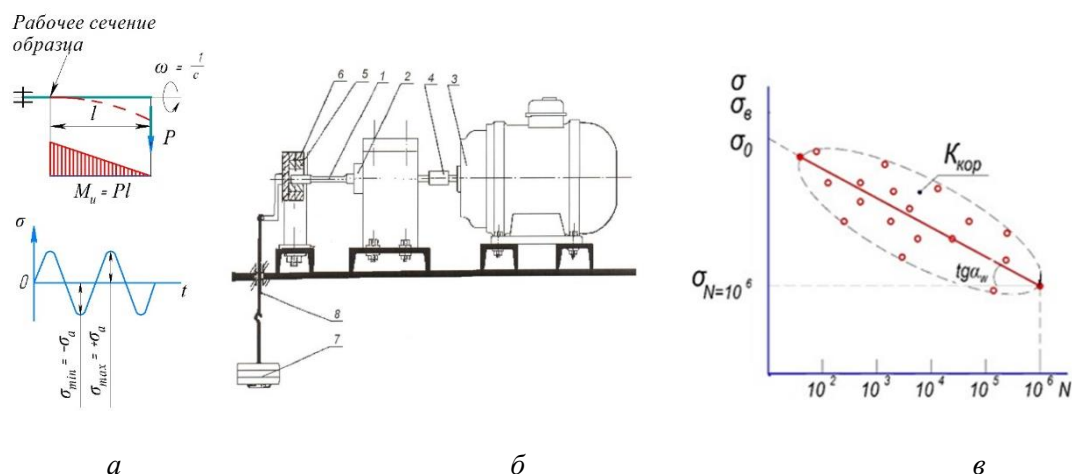


Рис. 3. Схематическое изображение: *а* – вид нагружения образцов при усталостных испытаниях; *б* – установка для испытаний на усталость по схеме консольный изгиб вращающегося цилиндрического образца: 1 – образец; 2 – цанговый захват; 3 – электродвигатель; 4 – резиновая муфта; 5 – подшипник; 6 – опора нагружающего устройства; 7 – грузы; 8 – тросик; *в* – система показателей оценки поведения материалов при испытаниях на усталость

В качестве критерия сопротивления усталости использовали $\text{tg } \alpha_w$ – угол наклона кривой усталости [11], кроме этого его использовали в виде коэффициента регрессии, входящего в формулу для вычисления коэффициента корреляции.

$$\text{tg } \alpha_w = \frac{d \lg \sigma}{d \lg N}, \quad (1)$$

где σ – циклическое напряжение; N – количество циклов.

Левая ветвь может быть представлена следующим образом:

$$\lg \sigma = (\lg \sigma)_0 + \kappa_\beta \cdot \lg N, \quad (2)$$

где κ_β – коэффициент регрессии (тангенс угла наклона прямой $\text{tg } \alpha_w$).

Кривая усталости $\lg \sigma - \lg N$ должна иметь вид:

$$\lg \sigma = (\lg \sigma)_0 + \text{tg } \alpha_w \cdot \lg N, \quad (3)$$

где σ – напряжение при достижении соответствующего N ; σ_0 – напряжение при $N = 1$, отсекаемое линией кривой усталости; N – количество циклов нагружения до разрушения (долговечность).

Для обработки полученных результатов использовали методы математической статистики [12-15].

Наклон кривой усталости или коэффициент регрессии, вычисляется по формуле:

$$\text{tg } \alpha_w = \kappa_\beta = \frac{n \sum \lg \sigma \cdot \lg N - \sum \lg N \cdot \sum \lg \sigma}{n \sum (\lg N)^2 - (\sum \lg N)^2}, \quad (4)$$



Величина $(\lg \sigma)_0$ вычисляется по формулам:

$$(\lg \sigma)_0 = \overline{\lg \sigma} - \kappa_{\beta} \overline{\lg N}, \quad (5)$$

где $\overline{\lg \sigma}$ – среднее значение по логарифму напряжения, $\overline{\lg N}$ – среднее значение по логарифму количества циклов, которые считали следующим образом:

$$\overline{\lg \sigma} = \frac{\sum \lg \sigma}{n}; \quad \overline{\lg N} = \frac{\sum \lg N}{n}, \quad (6)$$

Подставляя (6) в выражение (5) получим:

$$(\lg \sigma)_0 = \frac{\sum \lg \sigma - \kappa_{\beta} \sum \lg N}{n}, \quad (7)$$

Дисперсии по $\lg N$ и $\lg \sigma$ определяли по выражениям:

$$S_{\lg N} = \frac{1}{n-1} \left[\sum \lg N^2 - \frac{(\sum \lg N)^2}{n} \right], \quad (8)$$

где $S_{\lg N}$ – дисперсия по количеству циклов, n – число экспериментальных данных, N – количество циклов.

$$S_{\lg \sigma} = \frac{1}{n-1} \left[\sum \lg \sigma^2 - \frac{(\sum \lg \sigma)^2}{n} \right], \quad (9)$$

где $S_{\lg \sigma}$ – дисперсия по напряжению, n – число экспериментальных данных, σ – напряжение (МПа).

Для определения коэффициента корреляции использовали уравнение:

$$K_{\text{кор}} = \frac{\kappa_{\beta} S_{\lg N}}{S_{\lg \sigma}}, \quad (10)$$

κ_{β} – коэффициент регрессии, который показывает наклон кривой усталости $\kappa_{\beta} = \text{tg} \alpha_w$.

$K_{\text{кор}}$ – коэффициент корреляции, указывает степень сходимости построенной кривой усталости с результатами эксперимента, определяемый по формуле:

$$K_{\text{кор}} = \kappa_{\beta} \sqrt{\frac{n \sum (\lg N)^2 - (\sum \lg N)^2}{n \sum (\lg \sigma)^2 - (\sum \lg \sigma)^2}}, \quad (11)$$

Для исследования микроструктуры и характерных областей усталостного излома использовали оптический прямой микроскоп *CRAFTEST CL-720e*, цифровой материаловедческий микроскоп *Keyence VHX-1000* и растровый электронный микроскоп с термоэмиссией *Hitachi S-3400N* с рентгеноспектральным энергодисперсионным анализатором и растровый



электронный микроскоп *JEOL JSM-IT300LV* с энерго- и волнодисперсионным элементным анализаторами.

Результаты и их обсуждение

По результатам проведенных испытаний цилиндрических образцов построена кривая усталости, которая в логарифмических координатах имеет вид прямой линейной аппроксимации (рис. 4). Полученные экспериментальные значения, достаточно плотно располагаются к линии аппроксимации, наблюдается незначительный разброс данных во всем испытанном диапазоне долговечности, что можно охарактеризовать как достаточно высокую стабильность поведения исследуемого материала под действием знакопеременных нагрузок при осуществляемом виде нагружения, что подтверждается высоким значением коэффициента корреляции $K_{\text{кор}} = -0,975$ и свидетельствует о высокой стабильности структурно-чувствительных свойств данного дисперсно-упрочненного композиционного материала. Сравнительно пологий наклон кривой усталости и соответствующее ему небольшое значение $\lg \alpha_w = 0,1545$ характеризует высокое сопротивление усталости материала: долговечность увеличивается при незначительном снижении напряжения. Экстраполяция полученных результатов на сравнительной базе $N = 106$ циклов показывает предел ограниченной выносливости 140 МПа. Принятый в работе [11] коэффициент ограниченной выносливости χ , который позволяет производить сравнительную оценку относительно максимальных прочностных характеристик (предела прочности σ_B) для испытанного материала $\chi = 0,35$, что находится в средних значениях даже в сравнении с машиностроительными сплавами. Чем он ближе к единице, тем выше усталостные характеристики исследуемого материала – повреждаемость меньше и выше работоспособность этого материала при приближении к предельным нагрузкам (σ_B).

Продвижение магистральной усталостной трещины имеет как линейный, так и ярко выраженный волновой характер (рис. 5,а). При этом участок с трещиной волнового характера сопровождается значительной зоной локальной пластической деформации, которая существенно больше аналогичной зоны на участке линейного характера распространения трещины (рис. 5,б). Такое различие связано с неравномерностью распределения упрочняющих частиц в объеме материала. Кроме этого, данная неравномерность приводит к гофрированию поверхности материала при циклической деформации в сопряженной с трещиной области (рис. 5,в, г).

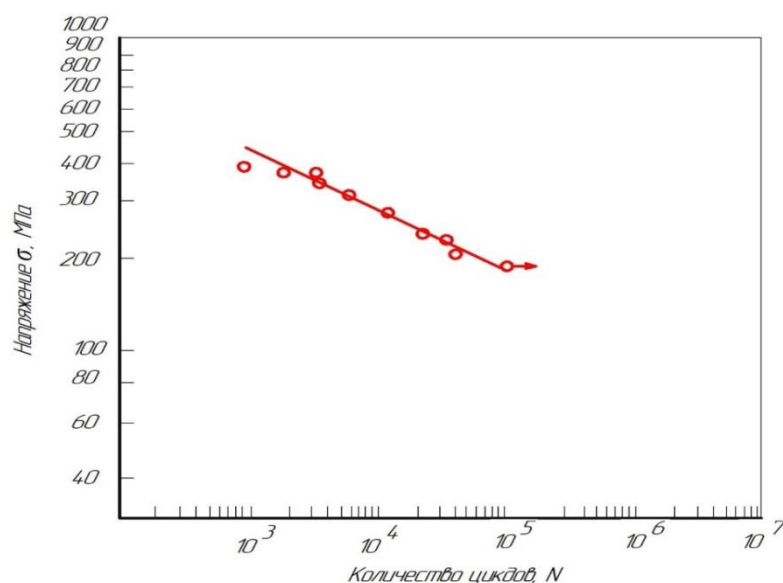
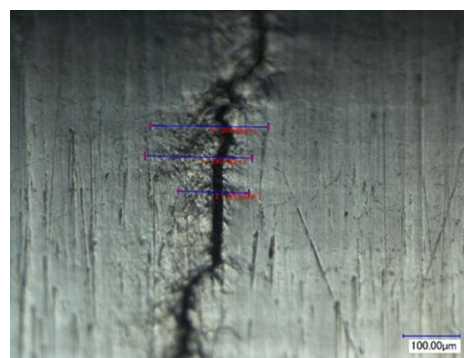


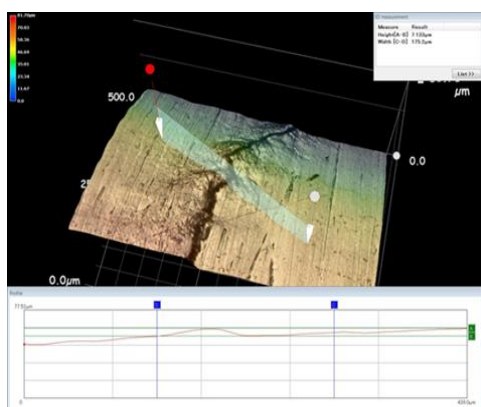
Рис. 4. Кривая усталости образцов ДУАКМ Ø7,5 мм частота приложения нагрузки: $\omega = 46,7$ Гц; уравнения кривых усталости: $\lg \sigma = 3,0696 - 0,1545 \lg N$; $K_{\text{кор}} = -0,975$



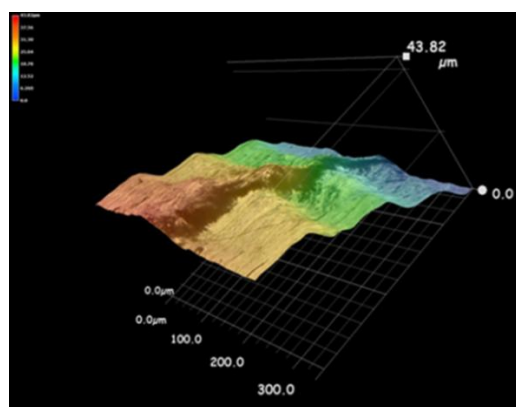
а



б



в



г

Рис. 5. Микроструктуры цилиндрического образца в процессе испытаний на усталость: а – деформационный рельеф; б – величины зон локализации деформации у трещины; в – 3D-структура с профилограммой по выделенному сечению; г – геометрическая абберация волнового характера накопления повреждений

Результаты фрактографических исследований и их обсуждение

Проведено исследование поверхностей разрушения образцов данного сплава после циклической деформации. Для идентификации макрозон поверхности разрушения была применена разработанная Мыльниковым В. В. «методика изучения поверхностей разрушения, превышающих максимальное поле зрения микроскопа», основанная на методе целевого фокуса в виде технологии для сшивания изображений в реальном времени с применением оптического прямого микроскопа *CRAFTEST CL-720e*. Для этого полученные данные с Z-направления при начальном поле зрения обрабатывали с использованием алгоритма сличения с образцом с целью определения следующей секции широкоформатного изображения, таким образом осуществляли «Z-позиционирование» и в конечном итоге получали сшитое изображение поверхности образца, представленное на рис. 6,а. На общем виде поверхности разрушения данного сшитого изображения выявлено 3 ярко выраженных зоны, характерных для следующих стадий разрушения:

I – стадия начального нестабильного роста трещины;

II – стадия стабильного распространения усталостной трещины;

III – долом.

Очаг трещины выделен пунктиром и показан на рис. 6,б. Зарождение трещины произошло на поверхности образца, а дальнейшее ее распространение показано стрелками. Это изображение получено сканированием поверхности на оптическом микроскопе, а для полноты восприятия то же самое место на образце (рис 6,в) показано с применением электронного микроскопа.

В зоне I на стадии начального нестабильного роста трещины наблюдается смешанный характер разрушения (рис 6,з) по двум модам – отрыва (рис 6,д) и сдвига с выраженной бороздчатостью (рис. 6,е). При этом в обоих случаях наблюдаются внутренние растрескивания, которые происходят по границам раздела фаз с проявлениями интеркристаллитного характера разрушения. Макрорельеф этой зоны имеет достаточно высокие гребни и вырывы на поверхности разрушения и характеризуется высокой шероховатостью с наличием резких перепадов высот с образованием радиальных рубцов.

На рис. 6,ж-з показаны микроструктуры поверхности разрушения образца второй зоны – стадии стабильного распространения усталостной трещины, где отчетливо наблюдаются усталостные бороздки (рис. 6,ж). Рельеф поверхности зоны II достаточно равномерный (рис. 6,з) с морфологически однородной поверхностью, однако небольшие редкие вторичные растрескивания на фрактограмме разрушения наблюдаются.

Зона III долома имеет преимущественно вязкий ямочный характер разрушения (рис. 6,к). Более детальное изучение поверхности разрушения в электронном микроскопе в светлопольном (рис. 5,л) и темнопольном (рис. 6,м) отображении позволило обнаружить характерные черты квазивязкого разрушения, но при этом излом носит достаточно плоский характер.

В целом рельеф монотонно становится однороднее от поверхности вглубь образца, т.е. от зоны I – к зоне II – и к зоне III.

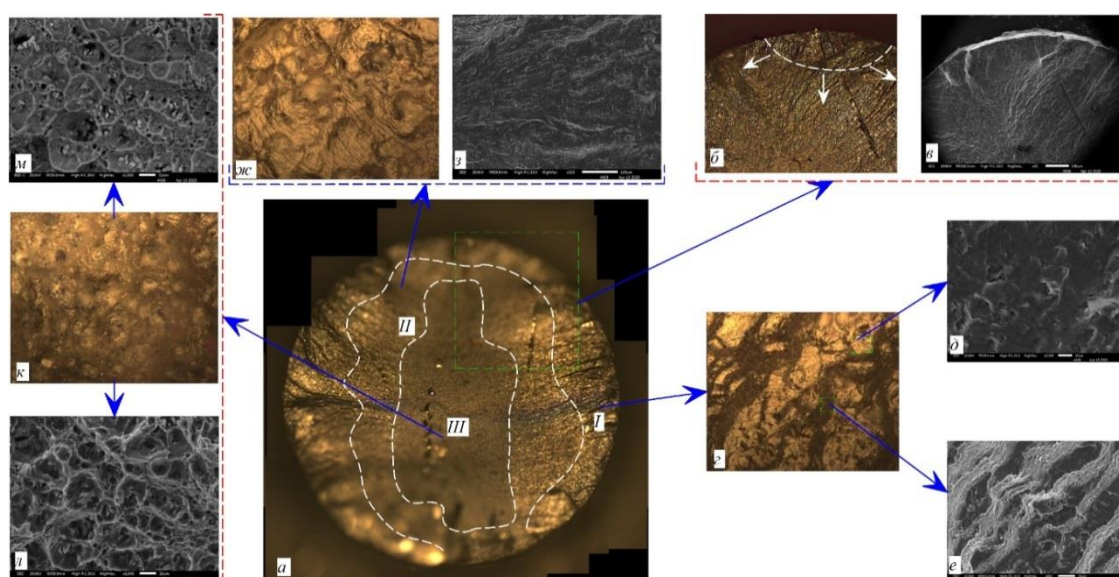


Рис. 6. Фрактография усталостного разрушения образца при $\sigma = 240$ МПа; $N = 21228$; $\omega = 46,7$ Гц

Выводы:

Дисперсно-упрочненный композиционный материал на основе алюминия с 15% твердой фазы Al_2O_3 , полученный по методу внутреннего окисления и испытанный на усталость по «мягкой» схеме нагружения консольного изгиба с вращением цилиндрических образцов, имеет высокие характеристики показателей сопротивления усталости $tg\alpha_w = 0,1545$ и предела ограниченной выносливости $\sigma_b = 106 = 140$ МПа. Результаты испытаний на усталость показали небольшой разброс относительно аппроксимирующей линии кривой усталости $K_{кор} = -0,975$, что свидетельствует о высокой стабильности структурно-чувствительных свойств данного материала.

Исследован характер разрушения образцов, в результате чего установлено, что во всех случаях проведенного испытания зарождение усталостной трещины происходит на поверхности образца. Макроизлом поверхности разрушения имеет три зоны: стадия начального нестабильного роста трещины – стадия стабильного распространения усталостной трещины – стадия долома, при этом рельеф монотонно становится однороднее более плоским от поверхности вглубь образца.

Таким образом, полученный экспериментальный дисперсно-упрочненный композиционный материал на основе алюминия показал существенно более высокие прочностные и деформационные характеристики, чем широко применяемые в строительстве алюминиевые материалы и имеет перспективы для применения в изготовлении современных изделий в строительстве.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-20009, <https://rscf.ru/project/22-13-20009/>



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луц, А. Р. Алюминиевые композиционные сплавы – сплавы будущего / А. Р. Луц, И. А. Галочкина ; Самарский государственный технический университет – Самара : СамГТУ, 2013. – 82 с. – Текст : непосредственный.
2. NADCA product specification standards for die casting : aluminum, aluminum-MMC, copper, magnesium, zinc and ZA alloys. – Revised for 2009 7 th edition. – Wheeling, Illinois. – 254 p.
3. Rawal, S. P. Rawal Metal-matrix composites for space applications , *Jom*,/ S. P. Rawal and B. Al. – 2001. – Vol. 53, No. 4. – P. 14–17.
4. Experimental Investigation of Mechanical Properties of Pure Al-Sic Metal Matrix Composite by Stir Casting Method / Redankamma Yenumula, Srinivasulu Dorasila, CV Ramana Murthy Naidu S, Rambabu Kalpukuri // *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. – 2018. – Vol. 59. – No. 3. – P. 148–154.
5. Barathet, V. Fractographic characterization of Al₂O₃ particulates reinforced Al2014 alloy composites subjected to tensile loading. *Frattura ed integrità strutturale* / V. Barathet, V. Auradi. – 2021. – Vol. 57. – P. 14–23.
6. Жидкофазное получение методом СВС и термическая обработка композитов на основе алюминиево-магниевого сплава, упрочненного высокодисперсной фазой карбида титана / А. Р. Луц, Ю. В. Шерина, А. П. Амосов, А. Д. Качура. – Текст : непосредственный // *Izvestiya Vuzov. Tsvetnaya Metallurgiya*. – 2023. – No. 4. – С. 70–86.
7. Obtaining Aluminum Oxide Based Cermet by Internal Oxidation / V. V. Myl'nikov, A. I. Pronin, M. V. Myl'nikova [et al.] // *Glass and Ceramics*. – 2023. – Vol. 79, No. 11–12. – P. 466–472. – DOI 10.1007/s10717-023-00534-4.
8. Чернышова, Т. А. Дискретно армированные композиционные материалы с матрицами из алюминиевых сплавов и их трибологические свойства / Т. А. Чернышова, Л. И. Кобелева, Л. К. Болотова. – Текст : непосредственный // *Металлы*. – 2001. – № 6. – С. 85–98.
9. Иванов, Д. А. Изучение механизма разрушения алюмоматричного дисперсно-упрочненного композиционного материала Al-Al₄C₃-Al₂O₃ со слоистой структурой при статическом и ударном нагружении / Д. А. Иванов, С. Д. Шляпин, Г. Е. Вальяно. – Текст : непосредственный // *Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия*. – 2020. – № 4. – С. 66–75.
10. Мыльников, В. В. Влияние частоты нагружения на усталость конструкционных материалов / В. В. Мыльников. – Текст : непосредственный // *Наука и техника*. – 2019. – Том 18, № 5. – С. 427–435.
11. Мыльников, В. В. Исследование изменений показателей сопротивления усталости стали 30ХГСН2А в процессе циклического деформационного упрочнения / В. В. Мыльников, Д. И. Шетулов, А. И. Пронин. – Текст : непосредственный // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 2020. – № 10 (784). – С. 52–60.
12. Степнов, М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний : справочник / М. Н. Степнов, А. В. Шаврин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Машиностроение. – 2005. – 400 с. – ISBN 5-217-03272-3. – Текст : непосредственный.
13. Терентьев, В. Ф. Усталость металлов / В. Ф. Терентьев, С. А. Кораблева ; Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской академии наук. – Москва : Наука. – 2015. – 484 с. : ил. – ISBN 978-5-02-039174-1. – Текст : непосредственный.
14. Suresh, S. *Fatigue of metals* / S. Suresh. – Cambridge University Press, 2006. – 701 p.
15. Campbell, F. C. *Fatigue and Fracture : understanding the basics* / F. C. Campbell. – Almere : ASM international, 2012. – 525 p.



GULIN Ivan Anatolevich, postgraduate student, senior teacher of the chair of construction technology; **MYLNIKOV Vladimir Viktorovich**, doctor of technical sciences, professor of the chair of construction technology; **KONDRASHKIN Oleg Borisovich**, holder of the chair of construction technology; **MINDRIN Daniil Ivanovich**, postgraduate student, assistant of the chair of construction technology; **RYABOV Nikolay Aleksandrovich**, student

POSSIBLE APPLICATION IN BUILDING STRUCTURES AND DEFORMATION FEATURES OF DISPERSION-HARDENED ALUMINIUM- BASED COMPOSITE MATERIALS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: (831) 430-17-74; e-mail: tsp-nngasu@mail.ru

Key words: aluminum dispersion-hardened materials, resistance to fatigue, composite, deformation relief, durability, cyclic strength.

The structural and deformation features of the behavior of an experimental dispersed-hardened aluminium-based composite material obtained by internal oxidation during cyclic deformation using optical direct, digital and scanning electron microscopy have been studied. A small variation in the experimental data on the fatigue resistance of the samples was noted. Fatigue characteristics are presented and the mechanism of the origin and propagation of fatigue cracks, fractography of the fatigue fracture surface are revealed. It has been established that the obtained experimental material has prospects for use in the manufacture of modern lightweight products in construction.

REFERENCES

1. Luts A. R., Galochkina I. A. Aliuminievye kompozitsionnye splavy – splavy budushchego [Aluminum composite alloys - alloys of the future]. Samara, SamGTU, 2013, 82 p.
2. NADCA product specification standards for die casting: aluminum, aluminum-MMC, copper, magnesium, zinc and ZA alloys. Revised for 2009 7th edition. Wheeling, Illinois, 254 p.
3. Rawal S. P. Metal-matrix composites for space applications. Jom, 2001, Vol. 53, No. 4, P. 14–17.
4. Yenumula R., Dorasila S., CV Ramana Murthy Naidu S., Kalpukuri R. Experimental Investigation of Mechanical Properties of Pure AlSiC Metal Matrix Composite by Stir Casting Method. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 2018, Vol. 59, No. 3, P. 148–154.
5. Barathet V., Auradi V. Fractographic characterization of Al₂O₃ particulates reinforced Al2014 alloy composites subjected to tensile loading. Frattura ed integrità strutturale, 2021, Vol. 57, P. 14–23.
6. Luts A. R., Sherina Yu. V., Amosov A. P., Kachura A. D. Zhidkofaznoe poluchenie metodom SVS i termicheskaya obrabotka kompozitov na osnove aluminievo-magnievyykh splavov, uprochnennykh vysokodispersnoy fazoy karbida titana [Liquid-phase production by SHS method and heat treatment of composites based on aluminum-magnesium alloys reinforced with a highly dispersed titanium carbide phase]. Izvestiya Vuzov. Tsvetnaya Metallurgiya [Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy], 2023, № 4, P. 70–86.
7. Mylnikov V. V., Pronin A. I., Mylnikova M. V., et al. Obtaining Aluminum Oxide Based Cermet by Internal Oxidation. Glass and Ceramics, 2023, Vol. 79, No. 11–12,



P. 466-472. DOI 10.1007/s10717-023-00534-4.

8. Chernyshova T. A., Kobeleva L. I., Bolotova L. K. Diskretno armirovannye kompozitsionnye materialy s matritsami iz aluminievyykh splavov i ikh tribologicheskie svoystva [Discretely reinforced composite materials with matrices of aluminum alloys and their tribological properties]. *Metally* [Metals], 2001, № 6, P. 85–98.

9. Ivanov D. A., Shlyapin S. D., Valyano G. E. Izuchenie mekhanizma razrusheniya aliumomatrichnogo dispersno-uprochnennogo kompozitsionnogo materiala Al-Al₄C₃-Al₂O₃ so sloistoy strukturoy pri staticheskom i udarnom nagruzheniyakh [Study of the fracture mechanism of aluminum matrix dispersion-strengthened composite material Al-Al₄C₃-Al₂O₃ with a layered structure under static and impact loading]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Poroshkovaya metallurgiya i funktsionalnye pokrytiya* [Powder Metallurgy and Functional Coatings], 2020, № 4, P. 66–75.

10. Mylnikov V. V. Vliyanie chastoty nagruzheniya na ustalost konstruksionnykh materialov [Influence of loading frequency on the fatigue of structural materials]. *Nauka i tekhnika* [Science and Technology], 2019, Vol. 18, № 5, P. 427–435.

11. Mylnikov V. V., Shetulov D. I., Pronin A. I. Issledovanie izmeneniy pokazateley soprotivleniya ustalosti stali 30KhGSN2A v protsesse tsiklicheskogo deformatsionnogo uprochneniya [Investigation of changes in fatigue resistance indicators of 30KhGSN2A steel in the process of cyclic strain hardening]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metal Science and Heat Treatment], 2020, № 10 (784), P. 52–60.

12. Stepnov M. N., Shavrin A. V. Statisticheskie metody obrabotki rezultatov mekhanicheskikh ispytaniy [Statistical methods of processing the results of mechanical tests]. 2-e izd., ispr. i dop. Moscow, Mashinostroenie, 2005, 400 p., ISBN 5-217-03272-3.

13. Terentev V. F., Korableva S. A. Ustalost metallov [Fatigue of metals]. Institut metallurgii i materialovedeniya im. A. A. Baykova Rossiyskoy akademii nauk. Moscow, Nauka, 2015, 484 p.: il., ISBN 978-5-02-039174-1.

14. Suresh S. Fatigue of metals. Cambridge University Press, 2006, 701 p.

15. Campbell F. C. Fatigue and Fracture: understanding the basics. Almere, ASM international, 2012, 525 p.

© И. А. Гулин, В. В. Мыльников, О. Б. Кондрашкин, Д. И. Миндрин,
Н. А. Рябов, 2025

Получено: 30.10.2024 г.



УДК 624.014: 69.057

Р. В. МОТЫЛЕВ, канд. техн. наук, доцент, зав. каф. организации строительства; **А. А. КОЧЕРЫГИН**, аспирант каф. организации строительства

РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ НА ОСНОВЕ КАРКАСА ИЗ ЛСТК

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, д. 4.

Тел.: (812) 575-05-34; факс: (812) 316-58-72; эл. почта: motylev@yandex.ru, saschki2@mail.ru

Ключевые слова: легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК), ассоциации развития стального строительства (АРСС), строительство, каркасные технологии.

В статье рассмотрены достижения и перспективы развития технологии строительства из ЛСТК в России. Приведены примеры впервые реализованных проектов по данной технологии.

Введение. В России применение в строительстве каркаса из лёгких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) начинает свое развитие в конце 90-х годов XX века. Однако тогда не было ни нормативной базы для использования ЛСТК, ни опыта их применения, в связи с чем развитие этого направления происходило медленно и сложно.

Здания из легких металлических конструкций относятся к быстровозводимым [1-3], возводятся по каркасной технологии со сборкой каркаса по месту и по модульной технологии. Основным заинтересованным потребителем использования технологий модульного строительства является государство, так как поставленная на поток технологическая цепочка производства и монтажа модульных сооружений позволяет в короткие сроки возводить множество объектов социальной инфраструктуры [4].

В последние годы технология ЛСТК завоевывает все большую популярность в России и ограничивается не только гражданским и промышленным сектором, но и активно используется в специальном строительстве.

Центральное проектное объединение (ЦПО) Спецстроя России разрабатывает альбом архитектурных и конструктивных решений различных сооружений, выполненных из ЛСТК, а уже подготовленные проекты внедряются на армейских стройках [5].

В 2020 г. ЛСТК оказались незаменимыми при возведении ковидных госпиталей. В общем, эти технологии находят применение в здравоохранении (клиники, больницы, фельдшерско-акушерские пункты), в социальной сфере (школы, детские сады), в городской инфраструктуре и в жилищном строительстве.

Согласно данным анализа рынка быстровозводимых зданий (на легком металлическом каркасе) по технологии ЛСТК в России, опубликованным агентством *Discovery research group*, объем рынка быстровозводимых зданий по

технологии ЛСТК в России в 2021 г. составил 4751,2 тыс. кв² (рис. 1). Основная доля рынка приходится на быстровозводимые здания по технологии ЛСТК нежилого назначения.

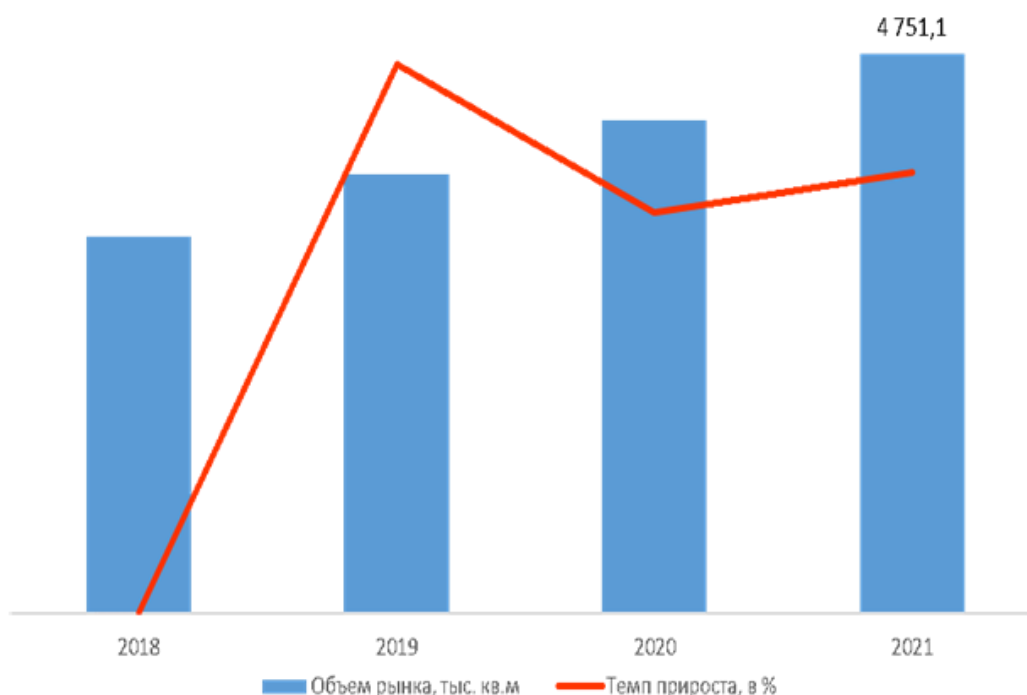


Рис. 1. Объем рынка быстровозводимых зданий по технологии ЛСТК в России в 2018–2021 гг., кв²

Ключевыми факторами роста рынка быстровозводимых зданий по технологии ЛСТК в первую очередь являются преимущества технологии (точные геометрические размеры металлических элементов, отсутствие мокрых процессов и возможность возведения в любое время года, высокая скорость сборки и низкие трудозатраты, высокая заводская готовность и доступная цена ЛСТК). Однако большой рост цен на металл в 2021 г. внес свои коррективы [6].

В настоящее время в России остаются актуальными проблемы проектирования, строительства и эксплуатации быстровозводимых зданий и сооружений с применением технологии на каркасе из ЛСТК. Данные проблемы активно исследуют и решают многочисленные отечественные исследователи, научные и проектные учреждения Минстроя, Минобороны, МЧС и других ведомств. Авторами большого количества публикаций последних лет, касающихся развития быстровозводимых конструкций, являются: Лебедева М. С. Назмеева Т. В., Орлова А. В., Жмарин Е. Н., Сычев С. А., Зуева А. В., Нефедов Г. В. и др. [7-11]. Но, несмотря на это, Россия все же отстает от других стран в развитии технологии ЛСТК на 30 лет.

Объектом исследования является изучение проблем развития и распространения технологии строительства из ЛСТК в России.

Цель исследования – выявление факторов, сдерживающих активное развитие технологии ЛСТК в России.



Преимущества технологии ЛСТК по сравнению с общепринятыми технологиями строительства из камня и дерева

Преимущества применения технологии ЛСТК по сравнению с общеизвестными технологиями строительства из камня, дерева, бетона описаны уже во многих научных трудах [5-8], что, в свою очередь, увеличивает доверие к данной технологии и ее более широкому распространению в разных сферах строительства.

Основные преимущества легких стальных тонкостенных конструкций заключаются в скорости возведения объектов, всесезонности, прочности и качестве конструкций, поскольку они производятся в заводских условиях. ЛСТК имеют хорошую сочетаемость с другими технологиями, обеспечивают большую вариативность отделки. Здания, построенные на основании ЛСТК, имеют высокую энергоэффективность, тепло- и звукоизоляцию, так как они фактически на 98% состоят из утеплителя.

Такие здания можно быстро построить, а затем разобрать и собрать на новом месте.

Наборы металлоконструкций и утеплителя легко доставлять в труднодоступные места, куда другие стройматериалы привезти было бы очень проблематично.

Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета (ИСИ СПб ГПУ) провёл комплексный анализ пяти ключевых технологий строительных конструкций: кирпич, пеноблок, брус клееный, деревянный каркас, легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК).

Конструкция стен была оценена по пятибалльной шкале по 20 параметрам, которые можно условно разделить на 5 групп:

- физические параметры;
- условия строительства;
- дополнительные работы/реконструкция;
- экономические параметры;
- вероятностные параметры.

Результаты анализа представлены в таблице.

Комплексный анализ технологий строительных конструкций

Конструкция стены	Стоимость строительства под чистовую отделку т.р./м ²	Сумма баллов
ЛСТК	16,5	98
Деревянный каркас	15,2	92
Пеноблок	19,0	80
Брус клееный	24,2	78
Кирпич	21,7	77

Развитие нормативной базы для применения технологии ЛСТК

По мнению многих исследователей, основной проблемой активного развития данной технологии в России является отсутствие норм их проектирования, расчетов, эксплуатации [11-13].



Объемы строительства из ЛСТК в России пока не слишком велики, но их популярность все больше расширяется и возникает необходимость по введению ее в нормативные рамки. О реальном применении ЛСТК в строительстве шла речь на конференции «Современные тенденции строительства быстровозводимых зданий. Будущее и настоящее», прошедшей 12 августа 2022 года в рамках Уральского дискуссионного клуба ЛСТК PRO.

На сегодняшний день технология ЛСТК находятся в правовом поле. За последние годы значительно развилась нормативная база. Раньше участники этого рынка должны были использовать технические условия, рекомендации производителей, но в 2018 г. вышел СП 260 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования», который фактически легализовал эти конструкции. К настоящему времени создан уже большой объем нормативной базы. Есть ГОСТы, Своды правил, которые упорядочивают проектирование и производство конструкций.

Очень важную роль в развитии отрасли ЛСТК сыграл ГОСТ Р 58774-2019 «Стены наружные каркасно-обшивные самонесущие (КОС) и ненесущие с каркасом из стальных холодногнутых оцинкованных профилей», вступивший в действие в 2020 г. Задача стандарта заключается в разработке единых требований к стенам наружным КОС, обеспечивающим безопасность и высокие эксплуатационные характеристики, современный уровень энергоэффективности.

В начале 2021 г. обновился ГОСТ 23118 «Конструкции стальные строительные. Общие технические условия».

Проблемой остается защита строительных конструкций от коррозии и противопожарная защита.

Серьезной, можно даже сказать, главной проблемой для отрасли остаются кадры. Применение ЛСТК требует определенной подготовки проектировщиков в вузах, что на текущий момент не слишком распространено и держится в основном на отдельных энтузиастах. В 2018 г. в АРСС появилось направление ЛСТК, которое развивается при поддержке металлургических комбинатов.

Направления применения в России технологии строительства из ЛСТК и примеры реализации знаковых проектов по данной технологии

В России общепринятой областью применения ЛСТК является малоэтажное и промышленное строительство [14-18].

А также одним из возможных направлений применения данной технологии может являться реконструкция зданий и сооружений.

Применение технологии ЛСТК при реконструкции зданий охватывает множество отраслей: промышленное (заводы, фабрики), гражданское (жилые дома, общественные здания, торговые комплексы) и сельскохозяйственное (объекты сельского хозяйства) строительство. Но в большей степени технология легких стальных тонкостенных конструкций может проявить себя в гражданском и сельскохозяйственном строительстве. Реконструкция 4–5-этажных зданий по технологии легких стальных тонкостенных конструкций, за счет надстройки мансардных помещений, позволяет улучшить эксплуатационные характеристики, связанные с энергосбережением и сроками эксплуатации. Незначительный вес ЛСТК не требует усиления фундамента, не оказывает существенной нагрузки на несущие элементы здания [19].



История производства конструкций из легкой стали в России начинается в 2013 году в Удмуртии, тогда был сдан в эксплуатацию первый многоквартирный жилой дом, построенный компанией НПО «Имекс». Компания НПО «Имекс», единственный в Удмуртии производитель ЛСТК по технологии *FrameCad*™, осуществила проектирование и производство каркаса для многоквартирного дома [5].

Строительство здания под ключ общей площадью 930 кв² заняло всего 5 месяцев благодаря применению современной каркасной технологии строительства ЛСТК (рис. 2).



а

б

Рис. 2. Жилой дом с. Сигаево, Удмуртской Республики (под г. Сарапулом): *а* – каркас (этап возведения), *б* – общий вид жилого дома после завершения строительства

В 2018 году сдан жилой дом высотой шесть этажей в д. Кривское Калужской области (рис. 3), он же является самым высоким в России жилым зданием, реализованным на несущем каркасе из легких металлических холодногнутых оцинкованных профилей [11].



Рис. 3. Жилой дом, Калужская область, д. Кривское

В 2020 году для борьбы с коронавирусом в Москве на территории ТиНАО в рекордно короткие сроки был построен многофункциональный инфекционный центр. На 40 гектарах практически за месяц было возведено 50 сооружений общей площадью 80 тысяч квадратных метров (рис. 4).

Строительство началось 12 марта 2020 года, и уже 20 апреля госпиталь принял первых пациентов.



Рис. 4. Строительство многофункционального инфекционного центра по технологии ЛСТК

Заключение

Технология строительства из ЛСТК в России все больше находит свое применение в промышленном, социальном и частном секторе строительства. В реализации жилого многоквартирного фонда пока остается на низком уровне.

Описанные исследователями в научных трудах преимущества технологии строительства из ЛСТК по отношению к известным общепринятым технологиям строительства из камня и дерева, предполагают ее перспективное и активное развитие, но на основании изученного материала, литературы, мнения специалистов и исследований выявлен ряд сдерживающих факторов, а именно:

- Отсутствие достаточной нормативной базы (СП, ГОСТ, ПБ и т.д.).
- Отсутствие типовых решений по многоквартирному строительству.
- Недостаток опыта реализации и эксплуатации.
- Отсутствие обученных кадров.
- Отсутствие обучающих программ в ВУЗах.
- Отсутствие государственных программ поддержки.

В настоящее время тенденция развития технологии строительства из ЛСТК в России имеет большие перспективы, изучение технологии выходит за рамки энтузиастов и внедрением стандартизации уже занимаются проектные учреждения Минстроя, Минобороны, МЧС и других ведомств.

Разработанные и уже принятые на сегодняшний день стандарты, СП, ГОСТы подтверждают востребованность и актуальность данной технологии в России. Мы уверены, в том, что в будущем данная методика найдет свое применение в более широком спектре строительной отрасли.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мушинский, А. Н. Строительство быстровозводимых зданий и сооружений / А. Н. Мушинский, С. С. Зимин. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 4 (31). – С. 182-193.
2. Николенко, С. Д. Быстровозводимые здания и сооружения / С. Д. Николенко, А. Н. Щиенко. – Текст : непосредственный // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2021. – № 2. – С. 159-168.
3. Гамаюнова, О. С. Энергоаудит и энергоэффективность модульных военных городков / О. С. Гамаюнова, А. Е. Радаев. – Текст : непосредственный // Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения : материалы III Всероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 25-26 сентября 2019. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 63-67.
4. Давыдов, Н. С. Обзор модульного строительства в России: тенденции, задачи, перспективы / Н. С. Давыдов, В. И. Ямов. – Текст : электронный // Русский журнал строительных наук и технологий. – 2023. – Том 9 (2). – DOI 10.15826/rjst.2023.2.005.
5. Эффективность применения легких стальных тонкостенных конструкций в России / В. С. Гасинец, В. С. Нашко, З. В. Сухорученко, О. В. Старова. – Текст : электронный // Синергия наук : международный электронный журнал. – 2019. – № 42. – С. 559-568. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article4955?ysclid=m39w5jk23d545336401>.
6. Discovery research group. Анализ рынка быстровозводимых зданий (на легком металлическом каркасе) по технологии ЛСТК в России (с базой импорта-экспорта). 2022. – URL: <https://drgroup.ru/1130-Analiz-rynka-bystro-zdanij.html>. – Текст : электронный.
7. Лебедева, М. С. Каркасные гражданские здания с ЛСТК ограждающими конструкциями / М. С. Лебедева, Т. В. Назмеева. – Текст : непосредственный // Интернаука. – 2021. – № 43-1 (219). – С. 8-11.
8. Абдусаттархужа, С. С. Преимущества технологии ЛСТК для сокращения расходов при возведении наземной инфраструктуры / С. С. Абдусаттархужа, Т. В. Назмеева. – Текст : непосредственный // Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения : материалы III Всероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 25-26 сентября 2019. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 122-125.
9. Орлова, А. В. Энергетическая эффективность домов из ЛСТК / А. В. Орлова, Е. Н. Жмарин, К. О. Парамонов. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – № 6 (11). – С. 1-13.
10. Зуева, А. В. Быстровозводимые здания и модульное строительство / А. В. Зуева. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 3(107). – С. 100-103.
11. Нефедов, Г. В. Строительство домов средней этажности на каркасах из легких стальных конструкций / Г. В. Нефедов. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 7. – С. 10-15.
12. Жмарин, Е. Н. Международная ассоциация легкого стального строительства / Е. Н. Жмарин. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2012. – № 2. – С. 27-30.
13. Шевцов, С. В. Концепция модульного строительства на примере использования легких металлических конструкций / С. В. Шевцов, Н. С. Астафьева. – Текст : непосредственный // Инженерные исследования. – 2022. – № 3 (8). – С. 30-37.
14. Мотылев, Р. В. Организационно-технологические решения комплексного малоэтажного строительства в условиях Российской Федерации / Р. В. Мотылев, К. А. Шабалин. – Текст : непосредственный // Архитектурно-строительный и дорожно-



транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации : сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. – Омск, 2021. – С. 419–422.

15. Жидков, К. Е. Совершенствование конструктивных решений ферм из тонкостенных холодногнутых профилей / К. Е. Жидков, А. С. Семенов // *Applied and Fundamental Studies Proceedings of the 13th International Academic Conference*, St. Louis, Missouri, USA, 09–10 декабря 2017 года. – 2017. – Т. 2. – С. 79–83.

16. Повышение несущей способности узловых соединений конструктивных элементов ферм / К. Е. Жидков, В. В. Зверев, А. С. Семенов [и др.]. – Текст : непосредственный // *Академический вестник Урал НИИ проект РААСН*. – 2015. – № 4. – С. 88–90.

17. Зверев, В. В. Каркасы зданий из легких металлических конструкций // В. В. Зверев, К. Е. Жидков, И. В. Сотникова // *Наукоемкие технологии и инновации : юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, XXI научные чтения*. – Белгород, 2014. – С. 20–24.

18. Экспериментальные исследования рамных конструкций из холодногнутых профилей повышенной жесткости / В. В. Зверев, К. Е. Жидков, А. С. Семенов, И. В. Сотникова. – Текст : непосредственный // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета*. – 2011. – № 4 (24). – С. 20–24.

19. Мохначев, С. А. Техно-экономические Аспекты применения технологии ЛСТК при реконструкции зданий гражданского и сельскохозяйственного назначения / С. А. Мохначев, О. Н. Зайцева, А. С. Шиврина. – Текст : непосредственный // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12 (часть 3) – С. 615–619.

MOTYLEV Roman Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of construction organization; KOCHERYGIN Aleksandr Alekseevich, postgraduate student of the chair of construction organization

THE DEVELOPMENT OF MODERN TECHNOLOGY OF RAPID CONSTRUCTION IN RUSSIA BASED ON A FRAME MADE OF LSTK

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

4, 2nd Krasnoarmeyskaya St., Saint Petersburg, 190005, Russia.

Tel.: (812) 575-05-34; fax: (812) 316-58-72; e-mail: motylev@yandex.ru, saschki2@mail.

Key words: lightweight wall structures (LSTK), Association for the Development of Steel Construction (ADSC), construction, frame technologies.

The article discusses the achievements and prospects for the development of LSTK construction technology in Russia. Examples of projects implemented for the first time using this technology are given.

REFERENCES

1. Mushinskiy A. N., Zimin S. S. Stroitelstvo bystrovozvodimyykh zdaniy i sooruzheniy [Construction of rapidly erected buildings and structures]. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2015, № 4 (31), P. 182–193.

2. Nikolenko S. D., Shchienko A. N. Bystrovozvodimye zdaniya i sooruzheniya [Rapidly Erected Buildings and Structures]. *Vysokiye tekhnologii v stroitelnom komplekse* [High Technologies in the Construction Complex]. 2021, № 2, P. 159–168.



3. Gamayunova O. S., Radaev A. E. Energoaudit i energoeffektivnost modulnykh voennykh gorodkov [Energy audit and energy efficiency of modular military camps]. Problemy obespecheniya funktsionirovaniya i razvitiya nazemnoy infrastruktury kompleksov sistem vooruzheniya [Problems of ensuring the functioning and development of the ground infrastructure of complexes of weapons systems]: materialy III Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 25-26 sentyabrya 2019. Saint Petersburg, 2019, P. 63–67.
4. Davydov N. S., Yamov V. I. Obzor modulnogo stroitelstva v Rossii: tendentsii, zadachi, perspektivy [Review of modular construction in Russia: trends, tasks, prospects]. Russkiy zhurnal stroitelnykh nauk i tekhnologiy [Russian Journal of Construction Science and Technology]. 2023, Vol. 9 (2). DOI 10.15826/rjct.2023.2.005.
5. Gasinets V. S., Nashko V. S., Sukhoruchenko Z. V., Starova O. V. Effektivnost primeneniya legkikh stalnykh tonkostennykh konstruksiy v Rossii [Efficiency of the use of light steel thin-walled structures in Russia]. Sinergiya nauk [Synergy of Sciences]: mezhdunarodny elektronny zhurnal. 2019, № 42, P. 559–568. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article4955?ysclid=m39w5jk23d545336401>.
6. Discovery research group. Analiz rynka bystrovozvodimyykh zdaniy (na legkom metallichekom karkase) po tekhnologii LSTK v Rossii (s bazoy importa-exporta) [Analysis of the market for rapidly erected buildings (on a light metal frame) using LSTK technology in Russia (with an import-export database)]. 2022. URL: <https://drgroup.ru/1130-Analiz-rynka-bystro-zdaniy.html>.
7. Lebedeva M. S., Nazmeeva T. V. Karkasnye grazhdanskie zdaniya s LSTK ograzhdayushchimi konstruksiyami [Frame civil buildings with LSTK enclosing structures]. Internauka [Internauka]. 2021, № 43-1 (219), P. 8–11.
8. Abdusattarkhuja S. S., Nazmeeva T. V. Preimushchestva tekhnologii LSTK dlya sokrashcheniya raskhodov pri vozvedenii nazemnoy infrastruktury [Advantages of LSTK technology for reducing costs in the construction of ground infrastructure]. Problemy obespecheniya funktsionirovaniya i razvitiya nazemnoy infrastruktury kompleksov sistem vooruzheniya [Problems of ensuring the functioning and development of the ground infrastructure of complexes of weapons systems]: materialy III Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 25-26 sentyabrya 2019. Saint Petersburg, 2019, P. 122–125.
9. Orlova A. V., Zhmarn E. N., Paramonov K. O. Energeticheskaya effektivnost domov iz LSTK [Energy efficiency of houses made of LSTK]. Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2013, № 6 (11), P. 1–13.
10. Zueva A. V. Bystrovozvodimye zdaniya i modulnoe stroitelstvo [Rapidly erected buildings and modular construction]. Molodoy ucheny [Young Scientist]. 2016, № 3 (107), P. 100–103.
11. Nefedov G. V. Stroitelstvo domov sredney etazhnosti na karkasakh iz legkikh stalnykh konstruksiy [Construction of medium-rise buildings on frames made of light steel structures]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo [Industrial and Civil Engineering]. 2020, № 7, P. 10–15.
12. Zhmarn E. N. Mezhdunarodnaya assotsiatsiya legkogo stalnogo stroitelstva [International Association of Light Steel Construction]. Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2012, № 2, P. 27–30.
13. Shevtsov S. V., Astafieva N. S. Kontseptsiya modulnogo stroitelstva na primere ispolzovaniya legkikh metallicheskikh konstruksiy [The concept of modular construction on the example of using light metal structures]. Inzhenernye issledovaniya [Engineering research]. 2022, № 3 (8), P. 30–37.
14. Motylev R. V., Shabalin K. A. Organizatsionno-tekhnologicheskie resheniya kompleksnogo maloetazhnogo stroitelstva v usloviyakh Rossiyskoy Federatsii [Organizational and technological solutions for complex low-rise construction in the Russian Federation].



Arkhitekturno-stroitelny i dorozhno-transportnyy komplekxy: problemy, perspektivy, innovatsii [Architectural, construction and road transport complexes: problems, prospects, innovations]: sbornik materialov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Omsk, 2021, P. 419–422.

15. Zhidkov K. E., Semenov A. S. Sovershenstvovanie konstruktivnykh resheniy ferm iz tonkostennykh kholodnogutykh profiley [Improving the structural solutions of trusses from thin-walled cold-formed profiles]. Applied and Fundamental Studies Proceedings of the 13th International Academic Conference, St. Louis, Missouri, USA, December 09–10, 2017. 2017, Vol. 2, P. 79–83.

16. Zhidkov K. E., Zverev V. V., Semenov A. S., [et al.] Povyshenie nesushchey sposobnosti uzlovykh soedineniy konstruktivnykh elementov ferm [Increasing the load-bearing capacity of nodal connections of structural elements of trusses]. Akademicheskij vestnik Ural NII proekt RAASN [Academic Vestnik of the Ural NIIPROEKT RAACS]. 2015, № 4, P. 88–90.

17. Zverev V. V., Zhidkov K. E., Sotnikova I. V. Karkasy zdaniy iz legkikh metallichekikh konstruktsiy [Frames of buildings made of light metal structures]. Naukoyemkie tekhnologii i innovatsii [Science-intensive technologies and innovations]: yubileynaya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 60-letiyu BGTU im. V.G. Shukhova, XXI nauchnye chteniya. Belgorod, 2014, P. 20–24.

18. Zverev V. V., Zhidkov K. E., Semenov A. S., Sotnikova I. V. Eksperimentalnye issledovaniya ramnykh konstruktsiy iz kholodnogutykh profiley povyshennoy zhestkosti [Experimental studies of frame structures made of cold-formed profiles of increased rigidity]. Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering]. 2011, № 4 (24), P. 20–24.

19. Mokhnachev S. A., Zaytseva O. N., Shifrina A. S. Tekhniko-ekonomicheskie Aspekty primeneniya tekhnologii LSTK pri rekonstruktsii zdaniy grazhdanskogo i selskokhozyaystvennogo naznacheniya [Technical and economic aspects of the application of LSTK technology in the reconstruction of buildings for civil and agricultural purposes]. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research]. 2015, № 12 (chast 3), P. 615–619.

© Р. В. Мотылев, А. А. Кочерыгин, 2025

Получено: 26.05.2024 г.

УДК 728.2:69.056.3

Е. Ю. АГЕЕВА, д-р филос. наук, проф. кафедры архитектуры

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО РЕШЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: +7 (831) 430-19-57; факс: +7(831) 430-19-36; эл. почта: ag_eu@bk.ru

Ключевые слова: серии типовых крупнопанельных зданий, панель «нового типа», современные жилые крупнопанельные многоэтажные комплексы, изменения в конструктивной схеме панельных зданий, возможность перепланировки квартир, современное фасадное решение крупнопанельных многоэтажных зданий, новое решение шва.

Крупнопанельное многоэтажное домостроение в России стремительно наращивает объемы. Главное его преимущество перед монолитными и кирпичными домами – скорость. Благодаря новым подходам к изготовлению панелей, уменьшению межпанельного шва или, вообще, бесшовной технологии, крупнопанельные дома приобрели высокую тепло- звукоизоляцию, получили привлекательный внешний вид, а применение широкого шага и иного размещения несущих стен дали возможность создавать удобные планировочные решения и возможность перепланировки. Крупнопанельные дома преодолели все недостатки и выигрывают преимущества у многоэтажных зданий из других строительных материалов. При этом гарантированный срок эксплуатации крупнопанельных жилых зданий составляет теперь 100 лет.

История развития жилищного строительства России за последние сто лет показывает, что на протяжении всего этого периода главной его основой было крупнопанельное домостроение как наиболее экономичный и быстрый способ производства жилья [1]. Крупнопанельное домостроение постоянно совершенствовалось, используя новые строительные материалы и конструкции, производственные технологии возведения зданий. Важной базой его появления и дальнейшего развития является строительная наука. И тут огромная роль принадлежит ЦНИИЭП жилища в появлении нормативной, методической и экспериментальной базы проектирования крупнопанельных многоэтажных зданий в нашей стране, переходу к сериям новых поколений. Сейчас продолжается разработка принципиально новых типовых серий и разработка новых конструкций панелей, а также поиск интересных фасадных решений, причем к этому процессу подключились и сами домостроительные комбинаты, и компании застройщиков. Именно так появились новые серии крупнопанельных домов в соответствии с изменениями в образе жизни горожан и жилой среды, такие как «ЕвроПа», ПИК-1, ПИК-2, ДОММОС, ДОМРИК, ЛСР, ГРАД 1М / ГРАД 2М, КУБ 2.5 [2]. Целью данной статьи является выявление изменений в проектах крупнопанельных жилых зданий, улучшающие их архитектурное и объемно-планировочное решения.

Методологической основой исследования является системный подход, основанный на использовании общих методов научного познания; методов, отражающих как эмпирический, так и теоретический уровни рассматриваемой проблематики. Среди применяемых методов – метод системно-структурного анализа, метод сравнения, систематизации, обобщения.

На основании исследования очевидно, что современные серии панелей не имеют ничего общего со своим советским прототипом. Современная панель отвечает всем градостроительным, объемно-планировочным и архитектурным требованиям. Появление 3d-визуализации, специализированных матриц для отливки, возможности для создания уникального внешнего вида панельных зданий стали практически безграничны. Фасадные панели могут иметь любой цвет и текстуру. В настоящее время в России разработан новый подход к самой конструкции панели, ее стыкам, что в результате улучшает архитектурное решение панельных многоэтажных жилых зданий. Становятся неактуальными прежние недостатки крупнопанельных зданий, такие как плохая тепло- и звукоизоляция [3]. Инновационные панели обладают лучшими показателями энергоэффективности, тепло- и звукоизоляционными характеристиками [4].

Итак, какие отличия и особенности выявлены в новых сериях крупнопанельных жилых зданий:

- применение инновационных панелей (двухслойных и трехслойных) из экологически чистых материалов с улучшенными показателями тепло- и звукоизоляции;
- применение энергоэффективной бесшовной технологии;
- улучшенное планировочное решение и возможность перепланировки квартир за счет использования внешних несущих и межквартирных стен с широким шагом;
- облицовка панелей снаружи клинкерной плиткой, кирпичом, отделка панелей по технологии «СЭнерджи»;
- гармоничное цветовое решение крупнопанельных зданий;
- использование специальных конструкций для кондиционеров на фасадах;
- организация общественных зон на первых этажах крупнопанельных жилых зданий;
- создание уютных обособленных дворов «без машин» при квартальной застройке разновысотными крупнопанельными зданиями с зонами отдыха и детскими игровыми площадками с антитравматическим покрытием;
- возрастание гарантированного срока эксплуатации новых крупнопанельных зданий в два раза, теперь он составляет 100 лет (нет угрозы сноса).

Рассмотрим на реальных примерах выявленные особенности. Одним из последних инновационных крупнопанельных жилых комплексов является ЖК «Первый Ленинградский» в Москве (рис. 1 цв. вклейки). Он построен в 2024 году компанией Первый домостроительный комбинат (ДСК 1), который входит в состав холдинга ФСК. Шесть разновысотных корпусов от 12-ти до 15-ти этажей с дворами «без машин» размещены в живописном месте на севере Москвы. Дома нового формата «ЕвроМодуль» возводятся с применением трехслойных наружных панелей. Вентилируемые фасады решены в природной цветовой гамме и дополнены яркими вставками, при этом используются фиброцементные панели (рис. 2 цв. вклейки). Сразу были заложены в фасадное решение корзины для

кондиционеров. Квартиры самых разных форматов комнатности: от студий до 4-х - комнатных квартир (от 24 до 110 кв. м), с панорамным остеклением лоджий, просторными кухнями-гостиными, гардеробными, прачечными помещениями и окнами в ванных комнатах (рис. 3 цв. вклейки).

Также инновационным по своим признакам является крупнопанельный ЖК «Ржевский парк», Санкт-Петербург, Россия (рис. 4 цв. вклейки). Его начала строить в 2024 году компания ЛСР.

Данная компания по состоянию на 2023 год является третьим по объему текущего строительства застройщиком в России, причем специализируется она преимущественно на панельном домостроении, что позволяет сделать соответствующие выводы о развитии данного типа строительства в России. В Петербурге и Ленинградской области, начиная с 2015 года, компанией ЛСР были построены 148 корпусов в 19 ЖК серии «ЛСР». В серии ЛСР могут строиться дома, содержащие секции различной этажности – от 2 до 25 этажей [5].

Что нового в серии «ЛСР»: конструктивная схема с несущими продольными и поперечными стенами; широкий шаг стен; наружные стены из однослойных железобетонных панелей 120 мм и 160 мм (по ним выполняется наружное утепление); межквартирные и межкомнатные несущие стены также 120 и 160 мм соответственно, из железобетонных панелей, перекрытия же представляют собой железобетонные плиты толщиной 160 мм; высота потолка – 2,80 м.

Компания ЛСР разработала 15 типовых блок-секций – рядовых и угловых, с разной степенью этажности. В итоге можно разместить в типовых размерах блок-секций разные квартиры на этаже.

Фасады домов выкрашены в белый цвет со вставками серо-коричневого, применяется технология «мокрого фасада», что создает очень легкое и гармоничное впечатление (рис. 5 цв. вклейки). На первом этаже выходы из парадных предусмотрены на две стороны дома, что придает дополнительный комфорт для маломобильных групп населения.

Планировка квартир функциональна и рациональна: большие кухни, совмещенные с гостинными, широкие комнаты, зоны хранения в прихожей, варианты с дополнительными окнами и открытыми балконами (рис. 6 цв. вклейки).

Есть возможности и перепланировки квартир, хотя внутренних несущих стен достаточно. Тем не менее, такие возможности есть, в том числе и заложенные при проектировании.

Еще один новый проект 2025 года компании ЛСР – это ЖК «Цветной Город» в г. Санкт-Петербурге. Это масштабный современный жилой комплекс, состоит из более чем 60 корпусов. Представляет собой популярный прием «города в городе» со своими зелеными переулками и бульварами, ухоженными дворами, магазинами, прогулочными аллеями и полноценной социальной инфраструктурой, включающей 10 школ, 16 детских садов, 4 поликлиники и даже собственную больницу (рис. 7 цв. вклейки).

«Цветной Город» будет расположен недалеко от береговой линии реки Охты в роскошном природном окружении. Проект имеет удачное архитектурное решение: остекленные балконы, использование сразу нескольких оттенков в покраске фасада – это не только белые цвета, но и песочные, серые, темно-синие; на других корпусах также можно заметить нежные салатовые и золотые

К СТАТЬЕ Е. Ю. АГЕЕВОЙ
«ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО РЕШЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ»



Рис. 1. ЖК «Первый Ленинградский» в г. Москва, 2024 г.
[\[https://www.dsk1.ru/1-leningradskij/\]](https://www.dsk1.ru/1-leningradskij/)



Рис. 2. Стеновая панель с вентилируемым фасадом
[\[http://moscowwalks.ru/2017/06/02/kak-delayut-paneli/\]](http://moscowwalks.ru/2017/06/02/kak-delayut-paneli/)



Рис. 3. Планировочное решение секции корпуса 2.
 ЖК «Первый Ленинградский» в г. Москва, 2024 г.
[\[https://www.dsk1.ru/1-leningradskij/flat?rooms=4&sort=price&order=1\]](https://www.dsk1.ru/1-leningradskij/flat?rooms=4&sort=price&order=1)



Рис. 4. ЖК «Ржевский парк»
[\[https://www.lsr.ru/spb/zhilye-komplekсы/lsr-rzhevskij-park/documents/#tab-docs\]](https://www.lsr.ru/spb/zhilye-komplekсы/lsr-rzhevskij-park/documents/#tab-docs)



Рис. 5. ЖК «Ржевский парк»
[\[https://www.lsr.ru/spb/zhilye-komplekсы/lsr-rzhevskij-park/\]](https://www.lsr.ru/spb/zhilye-komplekсы/lsr-rzhevskij-park/)



Рис. 6. План однокомнатной квартиры
[\[http://rzhevskij-park.lsr.ru/\]](http://rzhevskij-park.lsr.ru/)

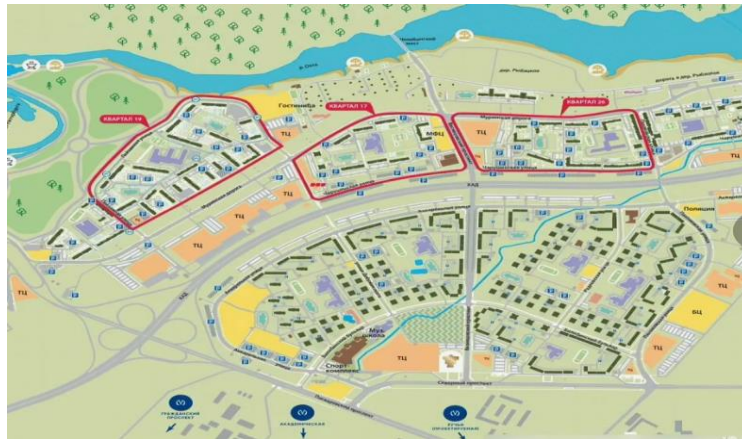


Рис. 7. План застройки ЖК «Цветной город»
[<https://www.lsr.ru/spb/zhilye-kompleksy/tsvetnoy-gorod/>]



Рис. 8. Внешний вид одного из проектируемых корпусов
[<http://tsvetnoy-gorod.lsr.ru/>]



Рис. 9. План двухкомнатной квартиры
[<http://tsvetnoy-gorod.lsr.ru/>]

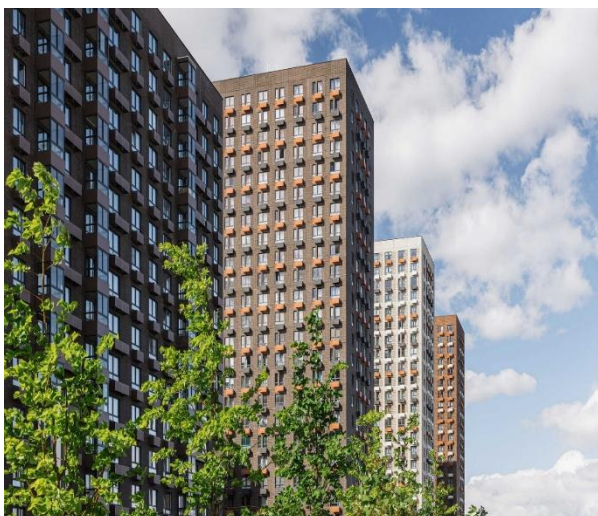


Рис. 10. Внешний вид ЖК
[<https://www.pik.ru/>]

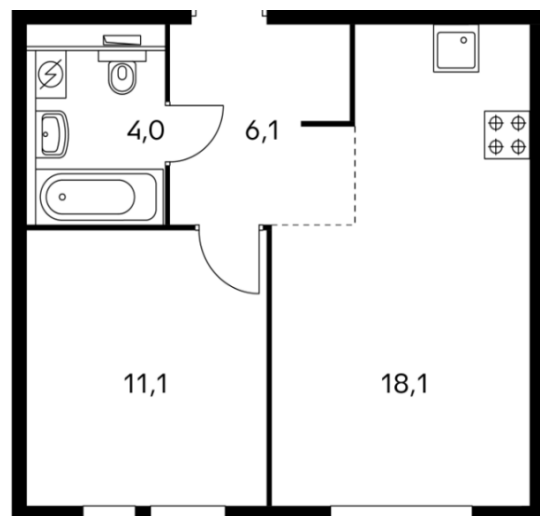


Рис. 11. План однокомнатной квартиры
[<https://avaho.ru/>]



Рис. 12. ЖК «КМ Ривер Парк»
[<https://km-riverpark.ru/>]

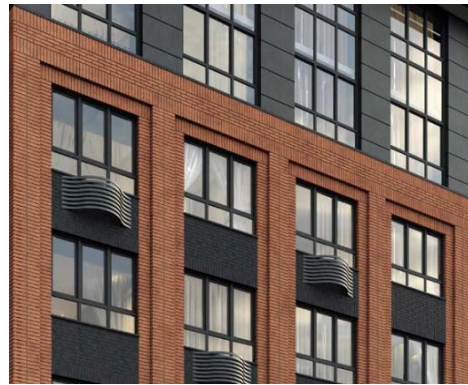


Рис. 13. Наружные стены из многослойных панелей.
ЖК «КМ Ривер Парк»
[<http://zhk-km-river-park-nn-i.cian.ru/>]

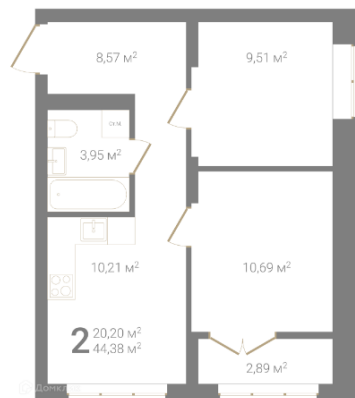


Рис. 14. План двухкомнатной квартиры
[<https://nn.domclick.ru/>]



Рис. 15. ЖК «КМ Ривер Парк»
[<https://km-riverpark.ru/>]



Рис. 16. ЖК «Торпедо»,
1-я очередь
[https://special.domostroyrf.ru/zhk_torpedo]



Рис. 17. ЖК «Торпедо»,
Фасад дома № 49 в осях 1-28



Рис. 18. ЖК «Торпедо»,
2-я очередь. Фото автора

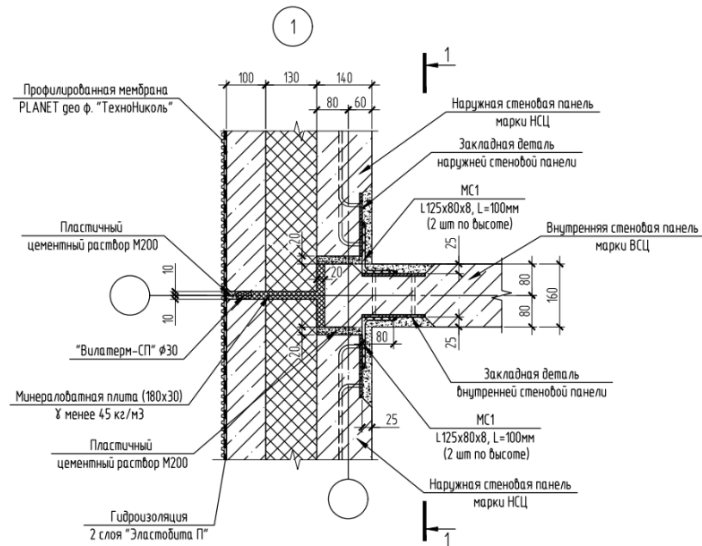


Рис. 19. Монтажный узел стеновой панели,
дом № 49 по ул. Бориса Видяева

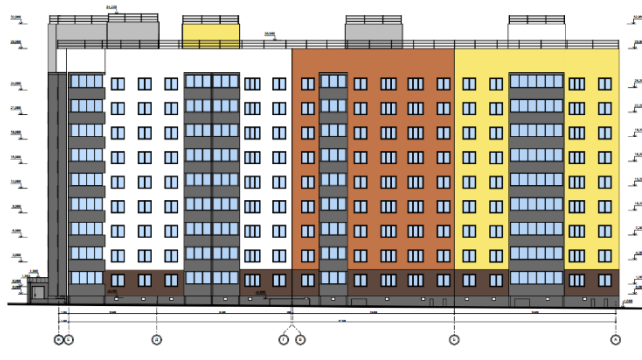


Рис. 20. Фасад многоквартирного жилого дом № 2,
ЖК «Новый город». Фасад в осях Ж-А

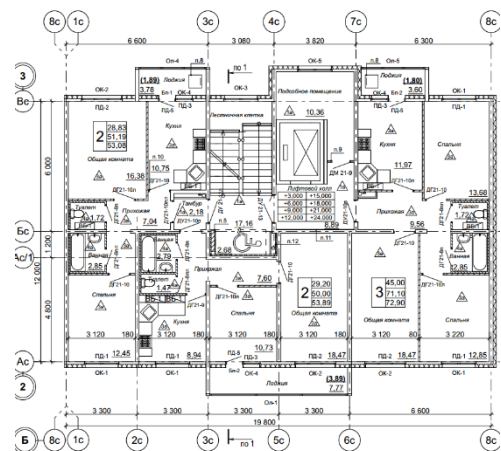


Рис. 21. План типового этажа
дома № 2, ЖК «Новый город»

(рис. 8 цв. вклейки). Переменная этажность от 16 до 26 этажей дает более интересный абрис комплекса в целом и улучшает инсоляцию.

При строительстве домов будет применена энергоэффективная панельная бесшовная технология, обеспечивающая высокие показатели тепло- и шумоизоляции. Согласно проекту, каркас здания монтируется из железобетонных изделий, фасады утепляются теплоизоляционным материалом, поверх которого накладывается несколько слоев базовой декоративной штукатурки, закрывающей швы.

Этот жилой крупнопанельный комплекс имеет в своем составе различные планировочные решения: от компактных студий до просторных многокомнатных квартир классического и евроформата (рис. 9 цв. вклейки), для которого характерно совмещение кухни и гостиной. В некоторых домах запроектированы «СуперНовые» планировки, в которых благодаря дополнительным проемам и передвижным перегородкам пространство легко перестраивается под меняющиеся потребности семьи.

Таким образом, ЖК «Цветной Город» показывает целый ряд инноваций для крупнопанельного строительства: применение современных панелей с улучшенными строительными характеристиками, грамотные и адаптивные планировочные решения, а также удачное, приятное сочетание различных цветов декоративной штукатурки на фасаде [6].

Группа компаний «ПИК» планируют возвести ЖК «Белая Дача парк» в 2025 году в подмосковном городе Котельники (рис. 10 цв. вклейки). Всего на участке появятся 22 объекта: 8 домов-блоков по 15–25 этажей и 14 башен высотой 25 этажей каждая, и ряд объектов инфраструктуры – детские сады, школы, поликлиники, магазины и офисы. Сейчас уже планируются к сдаче ряд жилых домов, но весь микрорайон будет застраиваться до 2035 года.

Компания разработала для своих проектов единый облик в минималистичном стиле: для облицовки фасадных панелей жилых корпусов применяется клинкерный кирпич натуральных оттенков, а сами здания располагаются поквартально, образуя обособленные внутренние дворы, снабженные зонами отдыха и детскими игровыми площадками с антитравматическим покрытием [7].

Специально для этого ЖК компания разработала новый серийный проект ПИК-2. Высота потолков на первом этаже, который, как правило, предназначен для размещения объектов инфраструктуры, достигает 4,5 метров, а высота остальных по 2,65 метра. В фасадных решениях первых этажей обязательно должны быть использованы светопрозрачные конструкции. При проектировании ПИК-2 был взят за основу следующий принцип: увеличение площади кухонь, совмещенных с гостиными, и уменьшение площади спален до 11–12 кв. м (рис. 11 цв. вклейки).

Для лучшей теплоизоляции и звукоизоляции увеличена ширина перекрытий и несущих стен; также важно отметить, что несущими стали не внутренние, а внешние и межквартирные стены, что дает большие возможности для осуществления перепланировки [6].

Таким образом, перенос несущей нагрузки на фасады – главное отличие ПИК-2 от других, более старых серий панельных домов, что обуславливает спрос на развитие данного жилого массива [8].

В настоящее время с использованием современной панели возводится довольно много новостроек. Так, «Группа ЛСР» строит в столице сразу несколько объектов по новой технологии, среди которых жилой комплекс комфорт-класса «Лучи» в районе Солнцево, жилой комплекс в районе Бескудниковский и жилые дома на Дмитровском шоссе. В ЖК «Лучи» (серия «ЕвроПа») построят девять разноэтажных жилых корпусов от 6 до 25 этажей с квартирами различных площадей и планировок.

Активное продвижение крупнопанельного строительства характерно не только для Москвы и Санкт-Петербурга, но и во многих российских городах наблюдается «бум» крупнопанельного жилого строительства. В Нижнем Новгороде активно строятся жилые комплексы крупнопанельных домов. Это и ЖК «КМ Ривер Парк» 2024 года, группы компаний Каркас Монолит (рис. 12 цв. вклейки). Он включает в себя три блока домов высотой от 14 до 21 этажей, расположенных на стилобате. Большая часть фасадов выполнена из многослойных бетонных панелей, произведенных на собственном заводе КМ Precast и облицованных прочным клинкерным кирпичом (рис. 13 цв. вклейки). Три верхних этажа блока № 3 КМ Ривер Парка представляют собой единую часть, выполненную из стемалита – самого современного строительного материала [9]. Десятый и одиннадцатый этажи блока № 3 выполнены из крупноформатного алюминиевого композитного материала. Еще одним из достоинств КМ Ривер Парка является широкий ассортимент планировок, начиная от студий до 4-х - комнатных квартир площадью более 100 кв. м (рис. 14 цв. вклейки). Новшеством для города является применение Sky-моста (рис. 15 цв. вклейки). Эти «небесные мосты» отличает сложность конструкции, головокружительные виды на городское пространство.

И это не единственный жилой комплекс с использованием крупных панелей. Большой жилой массив составляет ЖК «Торпедо» (рис. 16 цв. вклейки), застройщик ООО «СЗ» Терминал СК». Две очереди этого ЖК находятся в Автозаводском районе Нижнего Новгорода [10]. В ЖК «Торпедо» запланировано 39 домов высотой 10–17 этажей. На данный момент сдано 14 новостроек. На выбор представлены студии, одно-, двух- и трехкомнатные квартиры. В этом ЖК видим все новые достоинства современных крупнопанельных зданий: интересное цветовое решение (рис. 17, 18 цв. вклейки) и бесшовная технология фасада, утепление наружных панелей по технологии «мокрого фасада», разнообразие планировочных решений, хорошая звуко- и теплоизоляция, внутренний двор без машин. Застройщик ООО «СЗ» Терминал Строительные Комплектации» производит панели на своем собственном заводе. Трехслойные панели наружных стен собственного производства имеют толщину 370 мм, с мембраной снаружи, со слоем минераловатного утеплителя внутри толщиной 130 мм, с уменьшенной толщиной шва (рис. 19 цв. вклейки).

ЖК «Новый город» (рис. 20 цв. вклейки) строится в Канавинском районе, застройщик 3S Group. Это десять 9-ти этажных домов из крупных железобетонных панелей. Причем наружная панель имеет толщину всего 120 мм и утепляется снаружи утеплителем Технониколь Технофас Оптима толщиной 150 мм, и по утеплителю выполняется цветная штукатурка 5 мм. Таким образом, здесь застройщик применяет панели толщиной 275 мм и они соответствуют всем требованиям по теплопередаче.

В этом ЖК можно отметить применение современных панелей с улучшенными строительными характеристиками, грамотные и адаптивные планировочные решения (рис. 21 цв. вклейки), а также удачное, приятное сочетание различных цветов декоративной штукатурки на фасаде, бесшовность «мокрого» фасада, ориентацию квартир на две стороны света, экологичность, возможность перепланировки в большей части квартир.

Итак, сегодня крупнопанельное строительство получило второе дыхание, поскольку преимущества сборного железобетона перед сталью или монолитным бетоном делают его особенно привлекательным для проектов, где скорость и экономическая эффективность имеют решающее значение. Также очевидны усилия проектировщиков в доработке архитектурных решений крупнопанельного жилья [11]. Железобетонные конструкции позволяют возводить объекты любой сложности с различными типами фасадов и видами облицовочных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обзор многоквартирного жилищного строительства в Российской Федерации. – URL: https://rusbonds.ru/rbdocs/analytics/DomRuComment_2024_05_17_zmwwl4261918dpc4s2dfz0ntr85qk76b.pdf (дата обращения: 16.12.2024). – Текст : электронный.
2. Агеева, Е. Ю. Жилое панельное домостроение: история развития, настоящее и будущее : монография / Е. Ю. Агеева, А. А. Лапшина ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2024. – 117 с. – ISBN 978-5-528-00488-4. – Текст : непосредственный.
3. Ефимченко, М. И. Проблемы и перспективы современного панельного домостроения / М. И. Ефимченко. – Текст : электронный // Инженерные исследования. – 2022. – №4 (9). – С. 17–25. – URL: <https://eng-res.ru/archive/2022/4/17-25.pdf>.
4. Современные серии панельных домов будут актуальны и через 30-40 лет. – URL: https://www.novostroy-m.ru/statyi/sovremennye_serii_panelnyh_domov (дата обращения: 27.12.2024). – Текст : электронный.
5. Серия домов «ЛСР». – URL: <https://mostpr.ru/house/seriya-lsr> (дата обращения: 27.12.2024). – Текст : электронный.
6. Воробьев, В. С. Крупнопанельное домостроение: историческая необходимость и перспективная технология строительной отрасли / В. С. Воробьев, И. Л. Сидоренко. – Текст : электронный // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1 (60). – С. 130–139. – DOI 10.52170/1815-9265_2022_60_130.
7. Агеева, Е. Ю. Современные архитектурные тренды жилых комплексов / Е. Ю. Агеева, Т. В. Каракова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 2. – С. 204–215.
8. «Метриум Групп»: Панельное домостроение готовится отвоевать позиции. – URL: https://report.ru/pressreleases/metrium_grupp_panelnoe_domostroenie_gotovitsja_otvoevat_pozicii/ (дата обращения: 16.12.2024). – Текст : электронный.
9. Стемалиновые панели для фасадов. – URL: <https://san-glass.ru/proizvodstvo-steklopaketov/stemalitovye-paneli-dlya-fasadov/?ysclid=m5o5cf4urh588710648> (дата обращения: 22.12.2024). – Текст : электронный.
10. ЖК Торпедо. – URL: https://special.domstroyrf.ru/zhk_torpedo (дата обращения: 26.12.2024). – Текст : электронный.
11. Саландаева, О. И. Архитектура жилых зданий из крупных панелей – тенденции формирования / О. И. Саландаева. – Текст : электронный // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2021. – Том 1, № 3. – С. 544–561. – <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-544-561>.



AGEEVA Elena Yurevna, doctor of philosophic sciences, professor of the chair of architecture

ARCHITECTURAL FEATURES OF MODERN LARGE-PANEL MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDINGS IN RUSSIA

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-19-57; fax: +7(831) 430-19-36; e-mail: ag_eu@bk.ru

Key words: a series of typical large-panel buildings, a "new type" panel, modern residential large-panel multi-storey complexes, changes in the structural scheme of residential buildings, the possibility of redevelopment of apartments, modern facade solution of large-panel multi-storey buildings, a new seam solution.

Large-panel multi-storey housing construction in Russia is rapidly increasing in volume. Its main advantage over monolithic and brick houses is speed. Thanks to new approaches to panel manufacturing, reduction of the weld or, in general, seamless technology, large-panel houses have acquired high thermal and sound insulation, received an attractive appearance, and the use of a wide size of panel and the other placement of load-bearing walls have made it possible to create convenient paneling solutions and the possibility of redevelopment. Large-panel houses have overcome all the disadvantages and are gaining advantages over multi-storey buildings made of other building materials. At the same time, the guaranteed service life of large-panel residential buildings is now 100 years.

REFERENCES

1. Obzor mnogokvartirnogo zhilishchnogo stroitelstva v Rossiyskoy Federatsii [Review of multi-apartment housing construction in the Russian Federation]. URL: https://rusbonds.ru/rbdocs/analytics/DomRuComment_2024_05_17_zmwl14261918dpc4s2dfz0ntr85qk76b.pdf (accessed: 16.12.2024).
2. Ageeva E. Yu., Lapshina A. A. Zhiloe panelnoe domostroenie: istoriya razvitiya, nastoyashchee i budushchee [Residential Panel Housing Construction: History of Development, Present and Future]: monografiya. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2024, 117 p., ISBN 978-5-528-00488-4.
3. Efimchenko M. I. Problemy i perspektivy sovremennogo panelnogo domostroeniya [Problems and prospects of modern panel housing construction]. Inzhenernye issledovaniya [Engineering Research], 2022, №4 (9), P. 17–25. URL: <https://eng-res.ru/archive/2022/4/17-25.pdf>.
4. Sovremennye serii panelnykh domov budut aktualny i cherez 30-40 let [Modern series of panel houses will be relevant in 30-40 years]. URL: https://www.novostroy-m.ru/statyi/sovremennye_serii_panelnyh_domov (accessed: 27.12.2024).
5. Seriya domov «LSR» [LSR house series]. URL: <https://mostpr.ru/house/seriya-lsr> (accessed: 27.12.2024).
6. Vorobev V. S., Sidorenko I. L. Krupnopanelnoe domostroenie: istoricheskaya neobkhodimost' i perspektivnaya tekhnologiya stroitelnoy otrasli [Large-panel housing construction: historical necessity and promising technology of the construction industry]. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya [Bulletin of the Siberian State University of Transport], 2022, № 1 (60), P. 130–139. DOI 10.52170/1815-9265_2022_60_130.
7. Ageeva E. Yu., Karakova T. V. Sovremennye arkhitekturnye trendy zhilykh kompleksov [Modern architectural trends of residential complexes]. Privolzhskiy nauchnyy zhurnal, 2025, № 1



zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhny Novgorod, 2024, № 2, P. 204–215.

8. «Metrium Grupp»: Panelnoe domostroenie gotovitsya otvoevat pozitsii [“Metrium Group”: Panel housing construction is preparing to regain positions]. URL: https://report.ru/pressreleases/metrium_grupp_panelnoe_domostroenie_gotovitsja_otvoevat_pozitsii/ (accessed: 16.12.2024).

9. Stemalitovye paneli dlya fasadov [Stemalit panels for facades]. URL: <https://san-glass.ru/proizvodstvo-steklopaketov/stemalitovye-paneli-dlya-fasadov/?ysclid=m5o5cf4urh588710648> (accessed: 22.12.2024).

10. ZhK Torpedo [Residential Complex Torpedo]. URL: https://special.domostroyrf.ru/zhk_torpedo (accessed: 26.12.2024).

11. Salandaeva O. I. Arkhitektura zhilykh zdaniy iz krupnykh paneley – tendentsii formirovaniya [Architecture of residential buildings from large panels – formation trends]. Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost [Proceedings of Universities. Investments. Construction. Real Estate]. 2021, Vol. 1, № 3, P. 544–561. URL: <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-544-561>.

© Е. Ю. Агеева, 2025

Получено: 26.12.2024 г.



УДК 711.586:725

Л. Н. ОРЛОВА¹, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектурного проектирования, В. А. ДЕНИСОВА², магистр архитектуры, проектировщик-градостроитель I категории отдела разработки проектов планировки и проектов межевания территории

ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПРОСТРАНСТВА В КОНЦЕПЦИЯХ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-83; факс (831) 430-19-36; эл. почта: orludm.orlova@yandex.ru

²ГБУ 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, общественные пространства, факторы развития, характеристики, особенности.

Статья посвящена выявлению факторов, влияющих на развитие общественных пространств в проектах комплексного развития территорий, а также факторов их развития, характеристик и особенностей.

В современном мире и в России, в частности, все большее значение уделяется комплексному подходу при проектировании жилища, особенно если речь идет о возведении нескольких связанных между собой групп жилых домов. Со временем понятие «жилище» было значительно расширено до понятия – «жилая среда». В масштабе населенного пункта или любого жилого комплекса, жилая среда – это целостная система, состоящая из элементов природного ландшафта, жилых зданий, объектов культурно-бытового обслуживания, транспортных и пешеходных путей, озеленения и благоустройства.

В настоящее время в качестве идеи-нормы на первый план выступает проектирование и строительство многофункциональных жилых комплексов, которые сочетают одновременно несколько функций: жилую, торговую, офисную, развлекательную и спортивную [1, 2]. Такой подход является наиболее перспективной формой пространственной организации жилой среды города, в которой отразились потребности современного человека в разнообразном и многозначном городском окружении, удовлетворяющем его в жилье, работе, общении и отдыхе. Наблюдается тенденция в расположении объектов общественно-деловой инфраструктуры в шаговой доступности на территории комплекса в отдельно стоящих зданиях, либо на первых этажах домов с расположением входов со стороны улицы. Превалирует безопасный двор «без машин», современное благоустройство, подземный, наземный и надземный паркинг.

Если раньше жилая среда не являлась объектом специального проектирования, при котором учитывалось восприятие пешехода, то сегодня через механизмы комплексного развития территорий (далее – КРТ) это стало одной из важнейших задач. Из наиболее эффективных способов обеспечения

комфортного пребывания человека в жилой среде следует выделить повышение связанности районов путем создания различных по функционалу и сценариям использования общественных пространств. К общественным пространствам жилой среды на микроуровне относятся дворы и придомовые территории, которые формируют общественные зоны для обеспечения комфортного пребывания человека в жилой среде.

Взаимосвязь между разного вида общественными зонами происходит посредством улиц, скверов и площадей, в зависимости от характера и расположения их в общегородской системе. На дворовой территории жилой группы решаются задачи пространственной организации процессов досуга и быта путем рационального зонирования территории и размещения необходимых компонентов жилой среды: жилых ячеек, игровых площадок, зон для активного отдыха и спорта, учреждений обслуживания и общественных озелененных территорий. Сочетания всех вышеперечисленных элементов могут быть самыми различными, главное, чтобы концепция представляла собой единую продуманную систему, направленную на комфортное пребывание людей в среде обитания.

Развитые общественные пространства свидетельствуют об образе жизни населения. Чем более развита инфраструктура жилого района, тем более продуманы и удобны их публичные пространства. На выбор формата общественного пространства в проектах КРТ влияет совокупность факторов: *местоположение и масштаб участка, класс жилого комплекса, характеристики жилой застройки, «портрет» жителя*, – важно, чтобы инфраструктура соотносилась с образом жизни будущих жильцов.

Также стоит отметить, что появление точек притяжения зависит и от масштаба проекта. В рамках комплексного развития незастроенных территорий проще заложить положение точек притяжения еще на этапе проекта планировки. Так, в проекте планировки жилого комплекса «Символ» в Москве, строящегося на территории заброшенного завода «Серп и молот», появится километровый бульвар с деревьями, кустарниками и уютными зонами отдыха (рис. 1 цв. вклейки) [3], а ЖК «Зиларт», проектируемый на берегу Москвы – реки, в будущем сможет гордиться благоустроенной прибрежной зоной (рис. 2 цв. вклейки) [3].

В проектах, которые относятся к КРТ жилой застройки, прилегающая территория может быть мала для того, чтобы реализовать на ней проект полноценного общественного пространства. Однако и в этом случае проектировщики стараются найти приемлемые решения. Если говорить о проектах в историческом центре, где места под полномасштабное благоустройство часто недостаточно, архитекторы-градостроители стараются создать двор-сквер, как, например, в одном из вариантов развития «Красного просвещенца» в г. Нижнем Новгороде, разработанном Московским архитектурным бюро *STUDIO-TA* (рис. 3 цв. вклейки) [3].

Разрабатываемые общественные пространства жилой среды в рамках проектов КРТ можно условно разделить на две подгруппы: тихие дворики для отдыха у каждого отдельно стоящего дома и объединение нескольких домов одним большим общественным пространством. Дальнейшее наполнение внутренней территории зависит от класса жилого комплекса и запросов потребителя. Все элементы благоустройства: размеры площадок, породы деревьев и кустарников, тип мощения, малые архитектурные формы и т.д., – оставлены на

усмотрение застройщика. Очень многое в благоустройстве территории зависит от застройщика и его желания применить неформальный подход для получения оптимального результата.

В качестве примера концепции, в рамках которой несколько домов объединены единым общественным пространством, можно привести жилой комплекс ЦДС «Елизаровский» в г. Санкт-Петербурге (рис. 4 цв. вклейки) [3]. В рамках ЖК предусмотрено широкое разнообразие благоустройства для спокойного и активного отдыха: места для прогулок, зоны work-out, площадки для йоги, травяной скалодром и др.

Примером другой концепции, когда у каждого жилого дома создается свой тихий двор, является ЖК ЦДС «Чёрная Речка» в г. Санкт-Петербурге (рис. 5 цв. вклейки) [3]. Полузакрытые дворовые пространства образуются за счет периметральной жилой застройки и включают в себя различные площадки для активного отдыха, амфитеатры и другие зоны. Общей точкой притяжения для всего комплекса станет широкий променада вдоль Белоостровской улицы, на котором разместятся магазины и кафе, позволив сохранить приватность и закрытость дворов.

Зонирование территории современных проектов КРТ должно выполняться с учетом потребностей людей разных возрастных групп и интересов. Смысл в том, чтобы каждый житель смог найти себе занятие по душе, не выезжая за пределы квартала. Соответственно, необходимо размещение зон для разных возрастов, включая игровые площадки, места для занятий спортом, отдыха и общения. Лучшим местом общения соседей и горожан может стать центр общественно-культурной жизни для проведения образовательных и культурных мероприятий.

На стадии разработки проектных решений жилой среды также большое внимание уделяется зеленым зонам. Организация парков, скверов и бульваров поблизости с домом имеет большой потребительский спрос. Реализовать концепцию благоустройства зеленой зоны можно по-разному. Можно, выполнив норматив, на этом и остановиться, а иногда целесообразно отойти от «стандартного» озеленения в сторону увеличения площади озеленения. Так, например, в проекте КРТ нового микрорайона «Аваин-4» г. Дербента его сердцем является парк, расположенный между двумя жилыми комплексами (рис. 6 цв. вклейки) [4].

Особое внимание в концепциях по благоустройству территории уделяется устройству детских игровых зон. Важно создавать такие зоны и виды игровой активности, которые будут удовлетворять запросы каждой из возрастных групп. Обратим особое внимание на нетрадиционный подход к размещению детских площадок в рамках реновации общественного пространства в зарубежном опыте на примере бывшей территории порта, расположенного в Дании, в г. Копенгагене [5]. Одним из удачных примеров адаптации существующего здания многоуровневого паркинга является реализованный в 2016 г. проект архитектурного бюро *JAJA Architects* [6]. Поскольку мастер-план района предполагает плотную застройку, архитекторам пришлось использовать крышу зданий не только по ее прямому назначению, но и как активное городское пространство. На крыше, на высоте 24 м, находятся спортивная и детская игровая площадки, содержащие детские качели, батуты и все для спорта: альпинистская спираль, футбольное поле, беговые дорожки и даже место для кроссфита и TRX-тренировок (рис. 7 цв. вклейки) [7].

**К СТАТЬЕ Л. Н. ОРЛОВОЙ, В. А. ДЕНИСОВОЙ
«ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПРОСТРАНСТВА В КОНЦЕПЦИЯХ КОМПЛЕКСНОГО
РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ»**



Рис. 1. Бульвар в ЖК «Символ» в г. Москва [3]

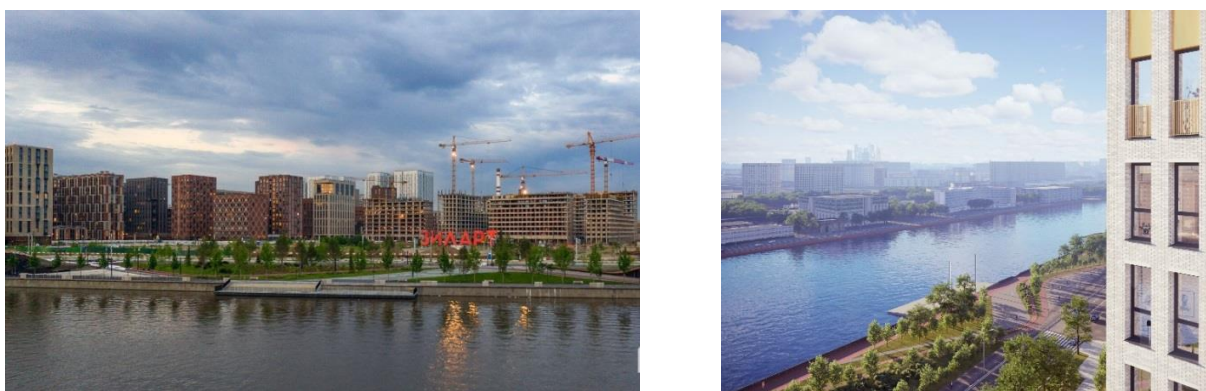


Рис. 2. Благоустройство прибрежной зоны ЖК «Зиларт» в г. Москва [3]



Рис. 3. Двор-сквер в концепции «Красный просвещенец» в Нижнем Новгороде [3]

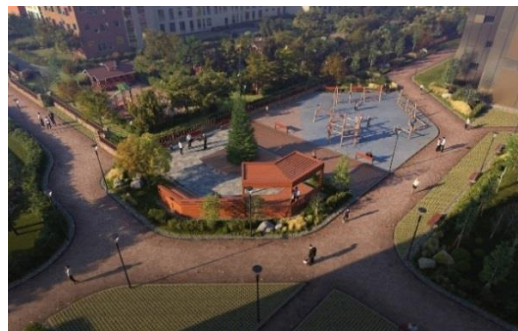


Рис. 4. Общественное пространство ЖК ЦДС «Елизаровский» в г. Санкт-Петербург [3]



Рис. 5. Полузакрытые дворовые пространства ЖК ЦДС «Чёрная Речка» в г. Санкт-Петербург [3]



Рис. 6. Парк на мастер-плане реновации микрорайона «Аваин-4» в г. Дербент [4]



Рис. 7. Многоуровневый паркинг с детской площадкой на крыше в районе Нордхавн в г. Копенгаген [7]

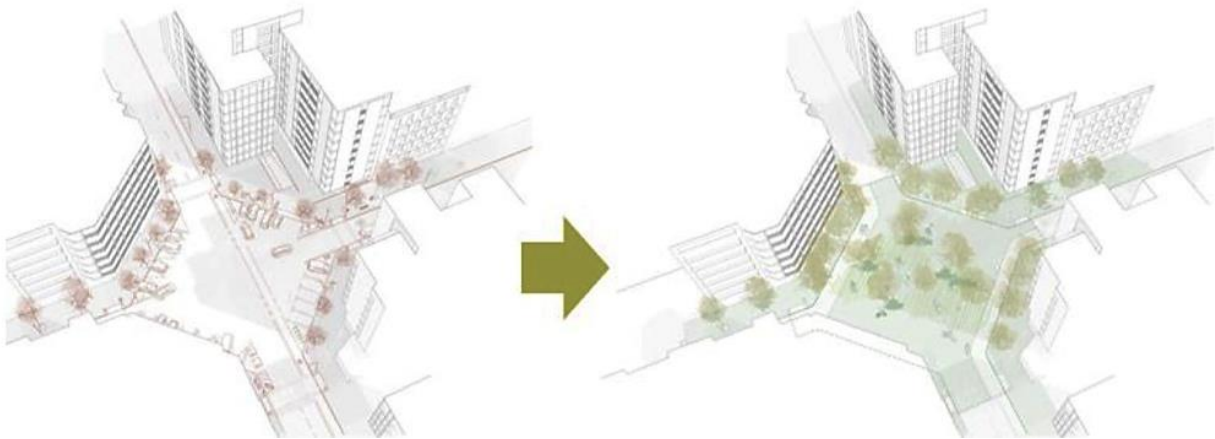


Рис. 8. Район Побленоу в г. Барселона, Испания [8]

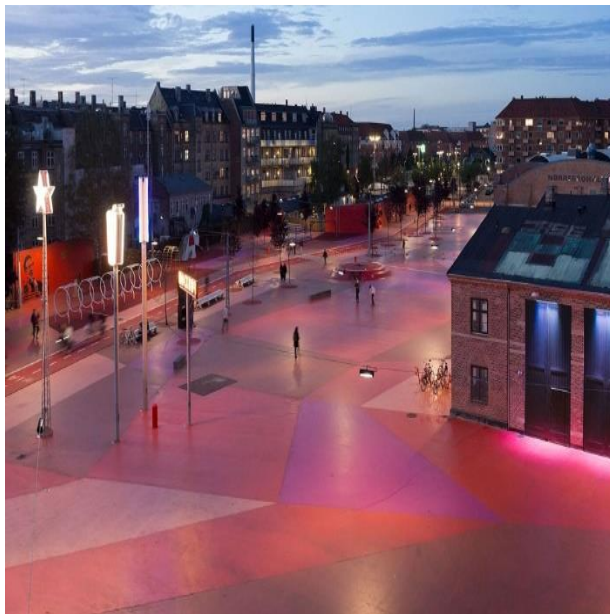
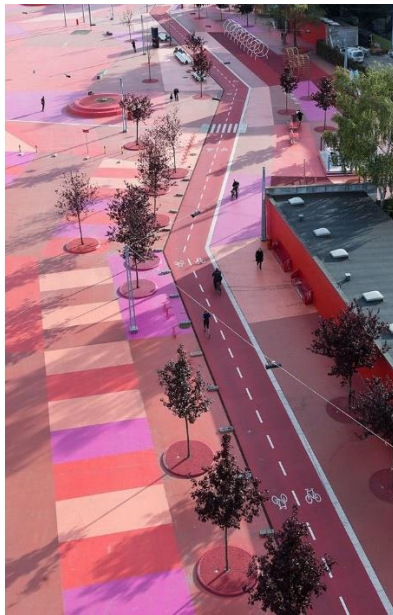


Рис. 9. Общественное пространство «Суперкилен» в районе Нёрребро в г. Копенгаген [9]

В зарубежной практике также присутствуют такие удачные примеры реорганизации связей между общественными пространствами, как в районе Побленоу в Барселоне [8].

С целью улучшения экологической ситуации и снижения трафика в Барселоне был разработан план новой городской мобильности. В рамках этого плана был запущен проект создания нескольких «суперблоков» – кварталов, где на месте бывших проезжих частей организованы рекреационные пространства для жителей, с возможностью движения транспорта только по периметру «суперблока». Представленное решение позволило освободить уличное пространство для площадей, зеленых аллей и общественных зон отдыха (рис. 8 цв. вклейки) [8].

Еще одним ярким примером организации общественного пространства в жилой среде является территория «Суперкилен», расположенная в районе Нёрребро в Копенгагене (рис. 9 цв. вклейки) [9]. Пространство длиной порядка 750 м поделено на три зоны: красную, черную и зеленую, где на протяжении всей длины рассредоточены детские площадки, спортивные объекты, пространства для проведения концертов и ярмарок, зоны для отдыха и пикников. Район Нёрребро считается одним из самых неблагополучных, однако благодаря созданию этнически разнообразной городской территории является не только местом встреч жителей, но и туристической достопримечательностью Копенгагена.

Создать уникальную придомовую территорию по силам любому творческому человеку, достаточно просто привнести что-то свое, что будет способствовать возникновению качественно новой жилой среды. Однако, если изначально в концепциях закладывать все инфраструктурные опции и продумывать общественные связи между ними, возможно параллельно решить и ряд стратегических вопросов, которые могут повлиять на качество городской среды всего региона. При этом субъекты РФ могут привносить свои особенности с учетом местной специфики и организовывать пространства в соответствии с доминирующей функцией [10, 11], что придаст проектам устойчивости и автономности.

В заключение можно сделать следующие *выводы*.

1. Создание уникальных общественных пространств в жилой среде может повлиять на привлекательность даже самых неблагополучных районов города и тем самым обеспечить их перспективное развитие в будущем.

2. Из наиболее эффективных способов обеспечения комфортного пребывания человека в жилой среде следует выделить повышение связанности районов путем создания различных по функционалу и сценариям использования общественных пространств.

3. В целом, для повышения качества жилой среды общественные пространства должны соответствовать таким характеристикам, как *многофункциональность, открытость, уникальность и разнохарактерность*.

4. На микроуровне к общественным пространствам жилой среды относятся дворы и придомовые территории, формирующие общественные зоны для комфортного пребывания человека, которые условно делятся на две подгруппы: либо тихие дворы для отдыха у каждого отдельно стоящего дома, либо объединение дворовых пространств нескольких домов одним общественным пространством.



5. На основании анализа отечественного опыта выявлены основные факторы, влияющие на развитие общественных пространств в проектах КРТ: *местоположение и масштаб участка, класс жилого комплекса, характеристики жилой застройки, «портрет» жителя.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гельфонд, А. Л. Архитектура общественных пространств : монография / А. Л. Гельфонд. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 410 с. : ил. – (Научная мысль. Архитектура). – ISBN 978-5-16-014070-4. – Текст : непосредственный.
2. 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.
3. «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/>. – Текст : электронный.
4. Мастер-план реновации района Аваин. – Текст : электронный // Новая земля. Проектно-консалтинговая компания : сайт. – URL: <https://www.nzemlya.com/avainderbent> (дата обращения: 08.05.2023 г.).
5. Лебедев, А. А. Новые крытые общественные пространства в жилых районах на примере Копенгагена / А. А. Лебедев. – Текст : непосредственный // Znanstvena misel journal. – 2019. – № 30. – С. 7–8.
6. JAJA Architects is one of 15 winners for this year's Danish Design Awards [JAJA Architects - один из 15 победителей премии Danish Design Awards этого года]. – Текст : электронный // Architect new. – URL: <https://architect.com/news/bustler/7848/jaja-architects-is-one-of-15-winners-for-this-year-s-danish-design-awards> (дата обращения 16.06.2023г.).
7. Нордхавн. «Синий карман» Копенгагена. – Текст : электронный // Pragmatika.media. – URL: <https://pragmatika.media/nordhavn-sinij-karman-kopengagena/> (дата обращения 16.06.2023г.).
8. Сверхразмерные суперблоки – проектирование городов. – URL: <https://www.centroidpm.com/supersize-super-blocks-urban-projectization/>. – Текст : электронный.
9. Общественное пространство «Суперкилен» // Архи.ру. – URL: <https://archi.ru/projects/world/7843/obschestvennoe-prostranstvo-superkilen> (дата обращения: 17.06.2023 г.). – Текст : электронный.
10. 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.
11. 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.



ORLOVA Lyudmila Nikolaevna¹, doctor of technical science, professor of the chair of architectural design, DENISOVA Violetta Alekseevna², master of architecture, urban planner of the 1st category of the department for the development of planning projects and land surveying

PUBLIC SPACES IN THE CONCEPTS OF INTEGRATED DEVELOPMENT OF TERRITORIES

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-17-83; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

²Institute for the Development of Agglomeration 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: integrated development of territories, public spaces, factors development, characteristics, features.

The article is devoted to the identification of factors influencing the development of public spaces in projects of integrated development of territories, as well as factors of their development, characteristics and features.

REFERENCES

1. Gelfond A. L. Arkhitektura obshchestvennykh prostranstv [Architecture of Public Spaces]: monografiya. Moscow, INFRA-M, 2019, 410 p., il. (Nauchnaya mysl. Arkhitektura). ISBN 978-5-16-014070-4.
2. Gelfond A. L. Arkhitekturnoe proektirovanie obshchestvennykh prostranstv [Architectural Design of Public Spaces]: uchebnoe posobie dlya vuzov. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2013, 265 p., ISBN 978-5-87941-891-0.
3. «Standart» ООО Стелка: 5 книг: 2 каталога. Standart kompleksnogo razvitiya territoriy ["Standard" LLC Strelka: 5 books: 2 catalogs. Standard for integrated territorial development] : v 6 knigakh: 4 kataloga. Ministerstvo stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ; DOM. RF ; KB «Strelka». URL: <https://dom.pf/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/>.
4. Master-plan renovatsii rayona Avain [Master Plan for the Renovation of the Avain District]. URL: <https://www.nzemlya.com/avainderbent> (accessed 08.05.2023).
5. Lebedev A. A. Novye krytye obshchestvennye prostranstva v zhilykh rayonakh na primere Kopengagena [New covered public spaces in residential areas on the example of Copenhagen]. Znanstvena misel journal [Scientific Thought Journal], 2019, № 30, P. 7–8.
6. JAJA Architects is one of 15 winners for this year's Danish Design Awards. // Architect new. URL: <https://architect.com/news/bustler/7848/jaja-architects-is-one-of-15-winners-for-this-year-s-danish-design-awards> (accessed 16.06.2023).
7. Nordhavn. «Siniy karman» Kopengagena [Nordhavn. "Blue Pocket" of Copenhagen]. Pragmatika. media. URL: <https://pragmatika.media/nordhavn-siniy-karman-kopengagena/> (accessed 16.06.2023).
8. Sverkhrazmernye superbloki – proektirovanie gorodov [Oversized Superblocks - Designing Cities]. URL: <https://www.centroidpm.com/supersize-super-blocks-urban-projectization/>.
9. Obshchestvennoe prostranstvo «Superkilen» [Public space "Superkilen"]. Archi.ru. URL: <https://archi.ru/projects/world/7843/obshchestvennoe-prostranstvo-superkilen> (accessed: 17.06.2023).



10. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. O vnesenii izmeneniy v gradostroitelny kodeks Rossiyskoy Federatsii i otdelnye zakonodatelnye akty Rossiyskoy Federatsii v tselyakh obespecheniya kompleksnogo razvitiya territoriy [Russian Federation. Laws. On Amendments to the Urban Planning Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation in order to ensure integrated territorial development] : Federalny zakon Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 2020 goda № 494-FZ: redaktsiya ot 14 avgusta 2020 goda. URL: <http://www.consultant.ru>.

11. Standart kompleksnogo razvitiya territoriy, razrabotanny Minstroem Rossii i DOM. RF vmeste s KB Strelka po porucheniyu Predsedatelya Pravitelstva RF [Standard for integrated territorial development, developed by the Ministry of Construction of Russia and DOM. RF together with KB Strelka on behalf of the Chairman of the Government of the Russian Federation]. URL: <https://www.дом.рф/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/?ysclid=l dmyb00lzb493840952>.

© Л. Н. Орлова, В. А. Денисова, 2025

Получено: 26.12.2024 г.



УДК 711.01/.09(470.44)

И. В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, доцент кафедры «Архитектура»

ИСТОРИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОБРАЗА ГОРОДА САРАТОВА

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»
Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77.

Тел.: (845) 299-88-94. эл. почта: anp-inna@yandex.ru

Ключевые слова: образ города, образные доминанты, образные константы.

В статье проведён анализ развития визуального образа города Саратова. Каждый этап определён образными доминантами, характер изменения которых может послужить основой для разработки стратегии развития городского пространства.

Исторический город можно представить как уникальное пространство, в котором объединяются множественные реальности различных исторических эпох, воплощённые в материальной форме. Можно сказать, что формируется некая сложная, многосоставная структура визуального образа, выраженная в пространственном эквиваленте. Представляется важным определить динамику развития визуального образа города через этапы его исторического развития, применяя метод историко-генетического анализа. И. В. Игнатьева рассматривает образ исторического города как взаимодействие образных констант, образующих образный каркас [1]. В нашем исследовании пространственная структура, коммуникационные связи, планировочные и архитектурные элементы рассматриваются как основа, влияющая на формирование визуального образа города. Для каждого этапа определяются образные доминанты, представляющие собой территории города, которые имеют определяющее значение при формировании его образа [2]. Представляется важным проследить эволюцию образных доминант на этапах развития визуального образа города, при этом образные доминанты рассматриваются как источники для формирования образных констант города [3].

Развитие визуального образа Саратова можно разделить на три больших периода: доиндустриальный, индустриальный и переходный. Для доиндустриального периода можно определить три этапа:

1. Город-крепость (конец XVII – начало XIX века). Саратов был основан в 1590 году на территории, образованной берегом Волги и Глебучевым оврагом. Первый этап определяется образованием города и возникновением важнейшей его составляющей – крепости. Это исток города, его сердце, самая насыщенная образная составляющая, важное значение которой ощущается и сегодня. Образные доминанты рассматриваемого этапа представляли собой «точечные образования», доминанты-объёмы, которыми были культовые сооружения, – женский Крестовоздвиженский монастырь, Введенская церковь, Троицкий собор. Все они служили пространственными ориентирами и формировали живописные панорамы города (рис.1). На данном этапе образовались две улицы, определяющие основные направления развития города – Московский и Царицынский тракты.

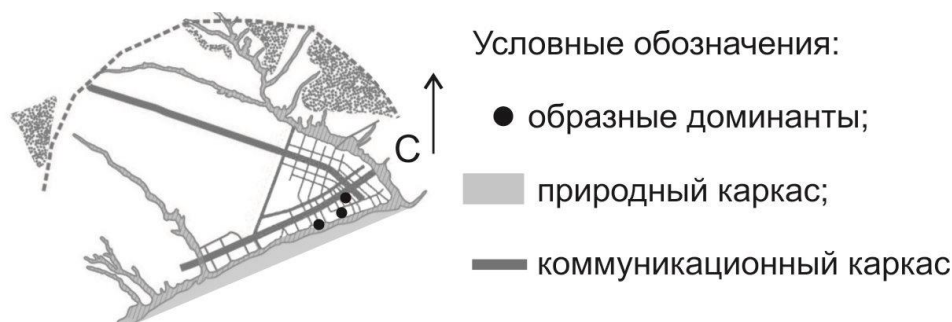


Рис. 1. Схема размещения образных доминант на первом этапе развития визуального образа Саратова (город-крепость)

2. Административно-культурный город (начало XIX века – 1871 год). На втором этапе город определяется как административно-культурный центр региона. Городское пространство приобретает регулярную планировочную структуру, становится полицентричным. Новые подцентры образуются торговыми и административными площадями, которые становятся главными образными доминантами города (рис. 2). Доминанты-объёмы вписываются в пространства доминант-площадей. Между основными пространственными доминантами намечаются коммуникационные и пространственные связи. Так, Митрофаньевская и Новособорная площади объединяются улицей Немецкой ставшей в последствии главной композиционной осью центральной части города.

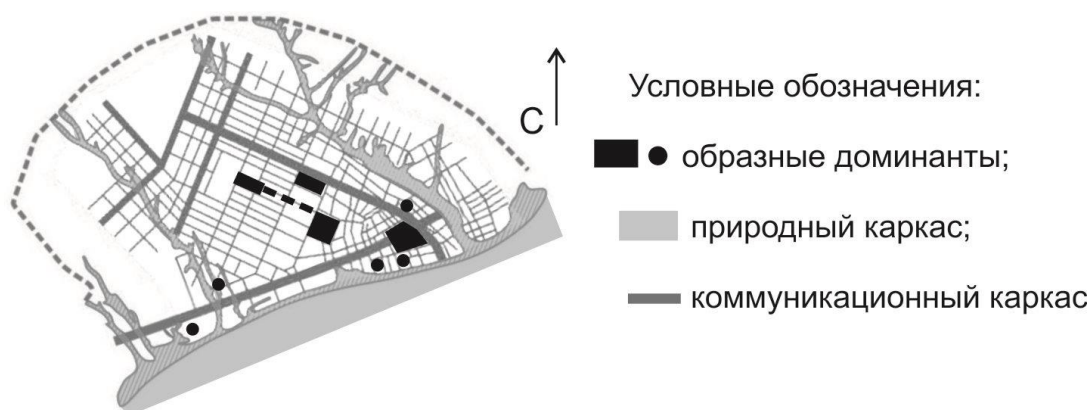


Рис. 2. Схема размещения образных доминант на втором этапе развития визуального образа Саратова (административно-культурный город)

3. Промышленно-культурный город (1871–1917 гг.). С появлением железной дороги город начинает активно развиваться [4]. Появляются объекты промышленной архитектуры, наиболее значимыми из которых становятся паровые мельницы, которые располагаются вдоль Волги, формируя уникальную панораму прибрежной зоны. В то же время активно ведётся строительство общественных и культурных зданий, открывается первая в провинции консерватория и музей изобразительного искусства, город становится культурной и промышленной столицей всего Поволжья. Доминанты-площади, образованные на предыдущем этапе, расширяются и усложняются, наиболее значимые соединяются доминантами-улицами, образуя единую образную структуру (рис. 3).

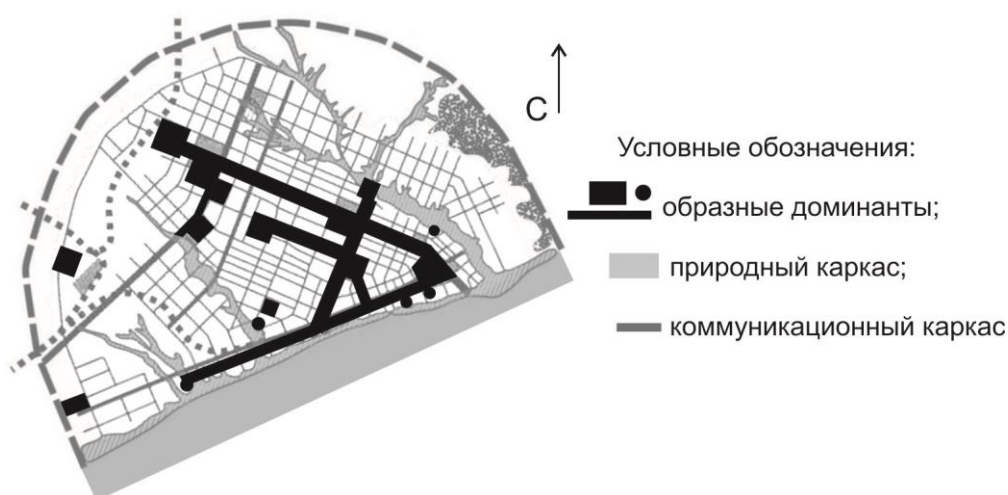


Рис. 3. Схема размещения образных доминант на третьем этапе развития визуального образа Саратова (промышленно-культурный город)

Рассмотренный период развития визуального образа города Саратова определяется как преемственный, когда на каждом последующем этапе продолжается развитие предыдущего. Прирост новых территорий происходит постепенно, образные доминанты развиваются от доминант-объёмов до доминант-площадей и доминант-улиц. Все три типа доминант гармонично уживаются в достаточно тесном городском пространстве, связаны между собой и образуют единый архитектурный ансамбль. Отчётливо выделяются главные оси и главные образные доминанты, вокруг которых строится композиция города.

После революции 1917 года происходят радикальные изменения в политической, экономической и культурной жизни страны, что отражается на визуальном образе города. В 30-е годы XX в. был взят курс на индустриализацию, начинается индустриальный период развития визуального образа Саратова, который делится на два этапа.

Социалистический город (30–50 гг. XX в.). В городе активно развиваются территориальноёмкие производства, которые выходят за городские границы сначала в южном, позже в северо-западном направлении. Формируются новый тип образной доминанты, это доминанта-ансамбль, структурообразующим звеном которой является крупное производственное предприятие. Вокруг предприятий формируются жилые районы (рабочие посёлки), которые насыщаются новыми объектами социальной инфраструктуры, такими как фабрики-кухни, дворцы культуры, бани, телеграфы, парки культуры и отдыха, стадионы. Это не просто новые объекты строительства в новом районе города, это территориальное образование-манифест, транслирующее идеалы нового быта (рис. 4).

Вновь построенные районы как бы противопоставляются центральному, в то же время, завязываясь с ним в единую пространственную композицию. В этот период возникают и укрепляются транспортные коммуникации центральной части города и промышленных районов, появляются новые магистрали, проспекты, получает развитие общественный транспорт.

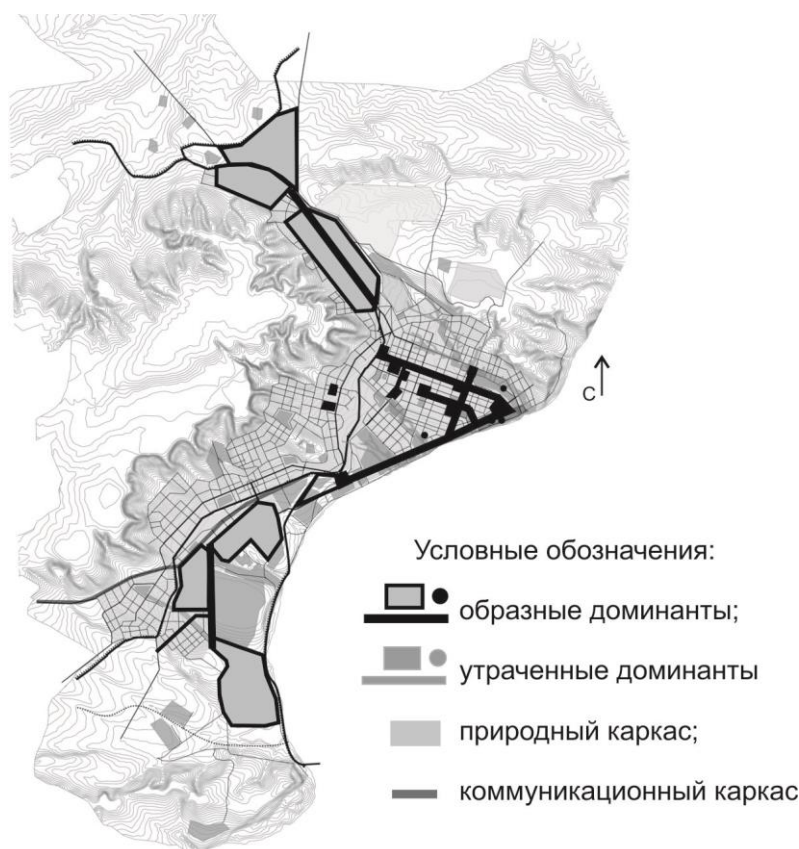


Рис. 4. Схема размещения образных доминант на четвёртом этапе развития визуального образа Саратова (социалистический город)

Научно-производственный город (60–80 гг. XX в.).

На данном этапе продолжается развитие новых территорий, усложняется их структура, появляются новые наукоёмкие производства, объекты культуры, спорта, жилые районы. Теперь уже окончательно складывается образная структура города, с чётко выраженным историческим центром и промышленными районами, развивающимися и транслирующими новые образы, и в то же время гармонично вписывающимися в общую образную композицию города (рис. 5). Именно в это время появляется новый тип образных доминант, это доминанты-символы, – автодорожный мост через Волгу (рис. 6) и мемориальный комплекс «Журавли» на Соколовой горе (рис. 7).

Третий период формирования визуального образа Саратова можно назвать переходным и определить как **город-коллаж** (конец XX в. – начало XXI в.). Образ города теперь формирует только центральная часть, районы, возникшие в советский период, приходят в упадок, оказываются вычеркнутыми из образного восприятия. Основные промышленные предприятия прекращают своё существование, а те, что остаются, не участвуют в развитии и поддержании близлежащей инфраструктуры. Происходит утрата крупных доминант-ансамблей, а частично сохранившиеся доминанты этих районов не обладают достаточным образным потенциалом, к тому же частично сохранившиеся производства только усугубляют визуальное восприятие, создавая зоны отчуждения.

В результате проведённого исследования была определена структура образных доминант и динамика их развития во времени. В доиндустриальный

период образовались доминанты-объёмы, доминанты-площади и доминанты-улицы, которые на всех этапах развивались преемственно, уплотняясь и расширяясь территориально, образуя единое образное пространство центральной части города.

Доминанты индустриального периода представляли собой масштабные доминанты-улицы, объединяющие новые промышленные районы с центральной частью города и доминанты-ансамбли, образованные на предзаводских территориях. Также появляются доминанты-символы, завершающие сложившуюся образную композицию всего города. В третий период развития в промышленных районах происходит частичная утрата доминант-ансамблей, что негативно сказывается на визуальном образе всего города. Утраченные доминанты-ансамбли требуют воссоздания, представляется важным решить вопрос их обновлённого функционального наполнения. А. В. Крашенинников определяет формирование средовых районов и средовых комплексов ключевыми критериями оценки качества городского пространства [5].



Рис. 5. Схема размещения образных доминант на пятом этапе развития визуального образа Саратова (научно-производственный город)



Рис. 6. Соборная площадь и автодорожный мост через Волгу. Источник: Фотографии Саратова / [Электронный ресурс] // Фотографии старого Саратова

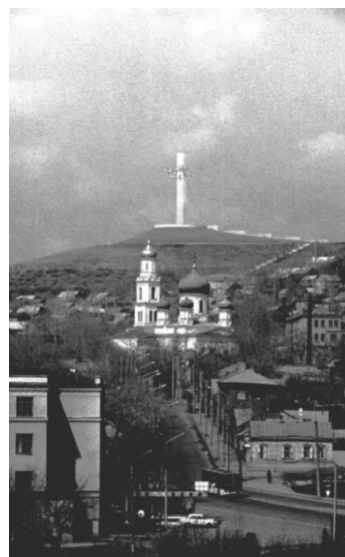


Рис. 7. Памятник «Журавли», архитектор Ю. И. Менякин (Источник: Фотографии Саратова / [Электронный ресурс] // Фотографии старого Саратова

В последнее время в Саратове принимаются активные действия по формированию комфортной городской среды, создаются новые рекреационные зоны и общественные пространства. Особое внимание уделяется созданию образов региона, формирующих региональную идентичность. Применение историко-генетического анализа в исследовании эволюции городского пространства может стать основой для создания стратегии развития визуального образа города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Игнатьева, И. А. Развитие образа исторического города : 18.00.01 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Игнатьева Ирина Анатольевна – Новосибирск, 2000. – 17 с. – Текст : непосредственный.
2. Архангельская, И. В. Эволюция визуального образа исторического города / И. В. Архангельская. – Текст : электронный // Архитектон: известия вузов. – 2023. – № 2 (82). – URL: http://archvuz.ru/2023_2/6/ – doi: 10.47055/19904126_2023_2(82)_6.
3. Архангельская, И. В. Генезис эволюции образа исторического города / И. В. Архангельская. – Текст : непосредственный // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2023. – С. 38-41.
4. Фотографии Саратова. – Текст : электронный // Фотографии старого Саратова : [сайт]. – URL: <https://oldsaratov.ru/?ysclid=lq68xo5bpp91492631#gsc.tab=0> (дата обращения: 15.12.2023).
5. Крашенинников, А. В. Предметные парадигмы архитектурного пространства / А. В. Крашенинников. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – № 4. – С. 254-262.



ARKHANGELSKAYA Inna Viktorovna, associate professor of the chair of architecture

HISTORICAL AND GENETIC ANALYSIS OF THE FORMATION OF THE VISUAL IMAGE OF THE CITY OF SARATOV

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
77, Politechnicheskaya St., Saratov, 410054, Russia.

Tel.: (845) 299-88-94; e-mail: anp-inna@yandex.ru

Key words: image of the city, figurative dominants, figurative constants.

The article analyzes the development of the visual image of the city of Saratov. Each stage is defined by figurative dominants, the nature of which changes can serve as the basis for the development of urban space development strategies.

REFERENCES

1. Ignateva I. A. Razvitie obraza istoricheskogo goroda [Development of the image of a historical city]. 18.00.01 : avtoreferat diss. ... kand. arkhitektury. Novosibirsk, 2000, 17 p.
2. Arkhangelskaya I. V. Evolyutsiya vizualnogo obraza istoricheskogo goroda [Evolution of the visual image of a historical city]. Arkhitekton: izvestiya vuzov [Architecton: Proceedings of Higher Education Institutions], 2023, № 2 (82). URL: http://archvuz.ru/2023_2/6/ DOI: 10.47055/19904126_2023_2(82)_6.
3. Arkhangelskaya I. V. Genezis evolyutsii obraza istoricheskogo goroda [Genesis of the evolution of the image of a historical city]. Goroda Rossii: problemy stroitelstva, inzhenerenogo obespecheniya, blagoustroystva i ekologii [Cities of Russia: problems of construction, engineering support, improvement and ecology]: sbornik statey XXV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Penza, 2023, P. 38-41.
4. Fotografii Saratova [Photos of Saratov]. Fotografii starogo Saratova [Photos of old Saratov]. URL: <https://oldsaratov.ru/?ysclid=lq68xo5bpp91492631#gsc.tab=0> (accessed: 15.12.2023).
5. Krashenninnikov A. V. Predmetnye paradigmy arkhitekturnogo prostranstva [Subject paradigms of architectural space]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorodskiy gos. arkh.-str. un-t. Nizhny Novgorod, 2020, № 4, P. 254-262.

© И. В. Архангельская, 2025

Получено: 27.06.2024 г.



УДК 725.85

М. Г. ЗОБОВА, канд. архитектуры, доцент кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия; **Д. А. КИВЕРОВ**, аспирант кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ОБЪЕКТОВ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В УСЛОВИЯХ ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Академия строительства и архитектуры

Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194.

Тел.: (846) 278-43-11; эл. почта: zobova_sdc@mail.ru

Ключевые слова: историческая среда, спортивно-оздоровительная инфраструктура, историко-культурный ресурс, социально-экономический ресурс, туристско-рекреационный ресурс.

В статье оценивается потенциал объектов спортивно-оздоровительной инфраструктуры, расположенных в условиях исторической среды. Аналитический процесс основан на выявлении и сопоставлении основных аспектов культуры, экономики и туризма. Определяется историко-культурный, социально-экономический и туристско-рекреационный ресурс спортивно-оздоровительных объектов различной типологии.

На сегодняшний день спортивно-оздоровительная инфраструктура становится важным аспектом благополучия населения. Она играет ключевую роль в вопросах формирования полезных привычек систематических или эпизодических занятий спортом людей различных групп и возрастов. Вопросы обеспеченности и качества развития спортивно-оздоровительной инфраструктуры в городах являются очень актуальными. Особо выраженные проблемы дефицита и неразвитости данной функции испытывают исторические зоны большинства крупнейших городов России, так как не всегда возможно учесть особенности и регламенты исторической среды. А без их учета невозможно сохранить ее целостность и привлекательность.

Историческая городская среда, как правило, характеризуется плотной застройкой и дефицитом свободных площадей, поэтому важно предусматривать особые подходы, позволяющие эффективно использовать доступные площади для развития социальной инфраструктуры. Не менее актуальным является вопрос сохранения и развития существующей социальной инфраструктуры, в том числе объектов для спортивно-оздоровительных занятий. При всей важности сохранения культурного наследия необходимо уделять большое внимание современным требованиям к безопасности, комфорту и удобству населения в вопросах обеспеченности и качества спортивно-оздоровительных объектов. Для того чтобы найти баланс между историко-культурной ценностью объектов и социальными потребностями общества, необходимо обозначить новые подходы к сохранению и развитию спортивно-оздоровительной инфраструктуры. Подходы должны быть основаны на выявлении потенциала указанных объектов в условиях исторической среды. Данный потенциал может определяться при проведении комплексного анализа по трем основным направлениям: выявление историко-

культурного, социально-экономического и туристско-рекреационного ресурса спортивно-оздоровительных объектов в исторической среде.

Историко-культурный ресурс – главная часть оценки потенциала спортивно-оздоровительной инфраструктуры исторических зон городов. Сохранение спортивного наследия и его интеграция в культурное пространство может способствовать развитию уникальных городских пространств, насыщенных разнообразными функциональными сценариями. Старинные стадионы, спортивные арены и ипподромы – это не только объекты спорта, но и важное общекультурное наследие. Восстановление и сохранение данных объектов придает исторической среде уникальный характер и передает будущим поколениям историческую память. К примеру, стадион «Метеор» в г. Жуковском воспроизводит лучшие исторические образцы классической архитектуры. В 2005 г. спортивный комплекс подвергся комплексной реконструкции, весь исторический декор был сохранен и реставрирован. Современный стадион «Метеор» – это многоцелевой спортивный комплекс, отвечающий высоким мировым стандартам (IAAF).

Оценка историко-культурного ресурса должна быть основана на анализе возможности гармоничного включения спортивно-оздоровительной инфраструктуры в культурное пространство исторических зон городов. В вопросах восстановления и сохранения объектов спортивного наследия важная роль должна уделяться балансу между использованием современных технологий и элементами исторической архитектуры [1]. Удачным примером нахождения такого баланса является бассейн «Лужники». Это уникальный плавательный комплекс, один из самых больших в России и Восточной Европе. Уникальность заключается в сохранении подлинных элементов исторического здания с их копированием и приумножением. Прозрачные фасады позволяют увидеть уникальные интерьеры здания снаружи. В итоге, даже не заходя в здание, создается неповторимая атмосфера интеграции в культурное пространство.

Исторические спортивные объекты могут использоваться для проведения важных культурных и спортивных мероприятий, что создает возможность привлечения внимания широкой аудитории за счет погружения в атмосферу прошлого наряду с использованием современных достижений в сфере обслуживания и развлечения. Примером такого объекта может служить здание Центрального Московского ипподрома, построенного в 1834 г. На ипподроме до сих пор проводятся скачки, приходят зрители, делаются ставки, также здесь располагается научная база института коневодства. По комплексу ипподрома проводят обзорные архитектурные экскурсии.

Историко-культурный ресурс спортивно-оздоровительного или спортивно-развлекательного объекта оказывает существенное влияние на привлекательность территории. Горожан и гостей города всегда привлекают уникальные объекты с отсылкой к истории, что в свою очередь дает хорошую возможность для развития индустрии развлечений, спорта и туризма [2]. Например, ледовый каток на Красной площади «ГУМ-Каток» функционирует с 2006 г., интерпретируя историческую и культурную преемственность места. Здесь устраиваются массовые заезды, организовываются хоккейные турниры, соревнования по керлингу, выступления чемпионов фигурного катания, проводятся мастер-классы по зимним видам спорта и праздничные гуляния.



Социально-экономический ресурс – не менее важная часть оценки потенциала спортивно-оздоровительной инфраструктуры исторических зон городов. Данный ресурс основан на выявлении взаимовлияния спортивно-оздоровительной инфраструктуры, уровня жизни населения и уровня экономического развития города. Сохранение и развитие спортивно-оздоровительных объектов в исторической среде может вести к повышению качества жизни местных жителей, а доступность таких объектов способствует улучшению как физического, так и психофизиологического здоровья, помогая создавать комфортные условия для ведения активного образа жизни. В условиях плотной исторической застройки особо остро стоит проблема дефицита спортивных объектов для систематических или эпизодических занятий [3]. Здесь даже современная благоустроенная спортивная площадка может представлять собой удобную и доступную альтернативу фитнес-клубу и тренажерному залу.

Спортивные мероприятия и объекты для их проведения, расположенные в исторических зонах городов, могут стать центрами социальной активности и взаимодействия населения, способствуя формированию различных сообществ и групп по интересам, укрепляя социальные связи. Хорошим примером служит территория парка «Урицкого» в Казани после реставрации 2016 г. На объектах спортивно-оздоровительной инфраструктуры можно активно провести время, позаниматься спортом, найти единомышленников, организовать спортивные команды по различным видам физической активности.

Спортивно-оздоровительные объекты в исторической среде могут стать центрами социальной и культурной активности населения, способствуя взаимодействию между местными жителями, жителями других районов и туристами. Такие объекты способствуют занятиям спортом и оздоровлению, а также создают площадки для культурного обмена информацией и социального взаимодействия. К примеру, в рамках физкультурно-спортивной акции «Самара в движении», проводимой на территории площади им. Куйбышева в Самаре, предоставляется возможность для всех желающих бесплатно принять участие в тренировках, которые проводят опытные тренеры из ведущих фитнес-клубов Самары, спортивных федераций и танцевальных студий. Тренировки и соревнования проводятся на современных нестационарных спортивных объектах в окружении уникальных памятников архитектуры и атмосферы исторической среды. Данная спортивная акция пользуется популярностью как у местных жителей, так и у гостей города. Она позволила создать оборудованные зоны для занятий по различным видам спорта в контексте историко-культурного наследия.

Спортивно-оздоровительные объекты в исторической среде могут стать магнитами притяжения для населения, способствуя развитию индустрии спорта, отдыха, оздоровления и развлечения. А это, в свою очередь, способствует экономическому росту и увеличению доходов региона. Удачным примером является экстрим-парк «Урам» в исторической зоне г. Казани. Данный объект представляет собой всесезонный центр уличной молодежной культуры, который объединяет разнообразные функции: спортивные, образовательные, социальные и культурные.

Строительство и модернизация масштабных спортивно-зрелищных объектов в исторической среде обеспечивает возможность создания новых рабочих мест, стимулирует предпринимательскую активность в различных сферах (ресторанный бизнес, торговля, гостиничный бизнес и др.). Это, в свою очередь, оказывает

положительное влияние на общую занятость в регионе [4]. В качестве примера можно выделить спортивный комплекс «Авангард», построенный в Москве в 1954 г. и реконструированный в 2023 г. На территории стадиона появилось множество новых спортивных зон и зон отдыха. Созданы рабочие места для нового спортивного комплекса, состоящего из пяти многофункциональных павильонов: павильон танцев; детский павильон; экстрим-центр; павильон единоборств; павильон командных видов спорта.

Туристско-рекреационный ресурс – еще одна не менее важная часть оценки потенциала спортивно-оздоровительной инфраструктуры исторических зон городов. Данный ресурс основан на выявлении аспектов привлекательности объектов спортивно-оздоровительной инфраструктуры для туристов и местных жителей. Историческая среда всегда являлась предпочтительным местом для размещения туристско-рекреационных объектов, включающих спортивные парки или спортивные зоны в парках, маршруты здоровья или велосипедные маршруты. Для таких объектов необходимо предусматривать туристически привлекательные центры: спортивные музеи или выставочные залы со спортивной тематикой [5]. Примером может служить музей истории спорта Свердловской области, обустроенный на пространстве бывших временных трибун стадиона «Екатеринбург-Арена». Основной концепцией музея является его организация в виде четырех выставочных залов, включающих исторический, олимпийский, зал зимних видов спорта и зал летних видов спорта. Временные трибуны, возведенные в период подготовки стадиона к проведению матчей Чемпионата мира по футболу 2018 г., обеспечили необходимую вместимость. Во время Чемпионата эти трибуны стали своеобразной достопримечательностью стадиона и получили неофициальное название «уши», обретя популярность среди горожан и гостей города.

Туристическим и рекреационным потенциалом обладают объекты, приуроченные к важным спортивным мероприятиям (Олимпиадам, Универсиадам, Чемпионатам). Спортивное наследие для многих туристов – это в первую очередь интересные объекты просмотра, где возможность прикоснуться к истории спорта всегда имеет огромное значение [6]. В связи с этим последнее время начали пользоваться повышенным спросом спортивные объекты с историей: домашние стадионы известных футбольных команд, музеи спорта, места крупных исторических спортивных событий и т.д. [7]. Например, на стадионе «Лужники» есть экскурсионный центр, который организует прогулки по крыше, обзорные экскурсии по футбольной арене, туры для профессиональных фотосессий, квесты и детские мероприятия.

Оценка потенциала объектов спортивно-оздоровительной инфраструктуры в исторической среде представляет собой сложный процесс разностороннего анализа, объединяющий выявление ресурсов сферы туризма, экономики и культуры. Максимальное использование этого потенциала требует комплексного подхода, учитывающего интересы, как современного общества, так и сохранение исторического наследия для будущих поколений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зарипова, И. Ш. Современные тенденции в проектировании и строительстве спортивных сооружений / И. Ш. Зарипова. – Текст : непосредственный // International Journal of Professional Science. – 2020. – № 11. – С. 68-72.



2. Истягина-Елисеева, Е. А. Управление спортивно-историческим наследием в современной России / Е. А. Истягина-Елисеева. – Текст : непосредственный // Приоритетные направления развития науки и образования. – 2016. – № 4-1(11). – С. 47-49.
3. Зобова, М. Г. Спортивный комплекс в городской инфраструктуре: архитектурно-градостроительное проектирование на примере г.о. Самара : монография / М. Г. Зобова. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2018. – 136 с. – Текст : непосредственный.
4. Золотов, М. И. Нормативные и маркетинговые подходы (на примере создания сети физкультурно-спортивных сооружений) / М. И. Золотов. – Текст : электронный // Практический семинар «Оценка инвестиционных проектов». – URL: <https://www.cfin.ru/press/practical/2003-02/03.shtml> (дата обращения: 10.09.2023).
5. Истягина-Елисеева, Е. А. Основные характеристики спортивно-исторического наследия в современной России / Е. А. Истягина-Елисеева. – Текст : непосредственный // Научное и образовательное пространство: перспективы развития : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 24 апреля 2016 года. – Чебоксары, 2016. – С. 238-239.
6. Тихонова, А. Ю. Сохранение спортивно-исторического наследия средствами музеефикации / А. Ю. Тихонова, Е. А. Истягина-Елисеева. – Текст : непосредственный // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 10. – С. 67-69.
7. Кыласов, А. В. Спортивное наследие : институционализация и контекст / А. В. Кыласов. – Москва : Институт наследия, 2022. – 106 с. – DOI 10.34685/HI.2022.17.18.006. – ISBN 978-5-86443-378-2. – Текст : электронный.

ZOBOVA Marina Gennadevna, candidate of architecture, associate professor of the chair of reconstruction and restoration of architectural heritage; KIVEROV Dmitry Andreevich, postgraduate student of the chair of reconstruction and restoration of architectural heritage

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF SPORTS AND RECREATION INFRASTRUCTURE FACILITIES UNDER CONDITIONS OF THE HISTORICAL ENVIRONMENT

Samara State Technical University. Academy of Construction and Architecture
194, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443001, Russia.
Tel.: (846) 278-43-11; e-mail: zobova_sdc@mail.ru

Key words: historical environment, sports and recreational infrastructure, historical and cultural resource, socio-economic resource, tourist and recreational resource.

The article assesses the potential of sports and recreational infrastructure facilities located in the historical environment. The analytical process is based on identifying and comparing the main aspects of culture, economics, and tourism. The historical, cultural, socio-economic, tourist and recreational resources of sports and recreational facilities of various typologies are determined.

REFERENCES

1. Zaripova I. Sh. Sovremennye tendentsii v proektirovanii i stroitelstve sportivnykh sooruzheniy [Modern Trends in the Design and Construction of Sports Facilities]. International Journal of Professional Science, 2020, № 11, P. 68-72.
2. Istyagina-Eliseeva E. A. Upravlenie sportivno-istoricheskim naslediem v sovremennoy Rossii [Management of sports and historical heritage in modern Russia]. Prioritetnye



napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya [Priority directions of development of science and education], 2016, № 4-1(11), P. 47-49.

3. Zobova M. G. Sportivnyy kompleks v gorodskoy infrastrukture: arkhitekturno-gradostroitelnoe proektirovanie na primere g.o. Samara [Sports complex in the urban infrastructure: architectural and urban planning design on the example of Samara]: monografiya. Samara, Samar. gos. tekhn. un-t, 2018, 136 p.

4. Zolotov M. I. Normativnye i marketingovye podkhody (na primere sozdaniya seti fizkul'turno-sportivnykh sooruzheniy) [Regulatory and marketing approaches (on the example of creating a network of physical culture and sports facilities)]. Otsenka investitsionnykh proektov [Evaluation of Investment Projects]. Prakticheskiy seminar. URL: <https://www.cfin.ru/press/practical/2003-02/03.shtml> (accessed: 10.09.2023).

5. Istyagina-Eliseeva E. A. Osnovnye kharakteristiki sportivno-istoricheskogo naslediya v sovremennoy Rossii [The main characteristics of sports and historical heritage in modern Russia]. Nauchnoe i obrazovatel'noe prostranstvo: perspektivy razvitiya [Scientific and educational space: development prospects] : sbornik materialov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Cheboksary, 24 aprelya 2016 goda. 2016, P. 238-239.

6. Tikhonova A. Yu., Istyagina-Eliseeva E. A. Sokhranenie sportivno-istoricheskogo naslediya sredstvami muzeifikatsii [Preservation of sports and historical heritage by means of museification]. Teoriya i praktika fizicheskoy kultury [Theory and practice of physical culture], 2020, № 10, P. 67-69.

7. Kylasov A. V. Sportivnoe nasledie : institutsionalizatsiya i kontekst [Sports Heritage: Institutionalization and Context]. Moscow, Institut naslediya, 2022, 106 p. DOI 10.34685/HI.2022.17.18.006. ISBN 978-5-86443-378-2.

© М. Г. Зобова, Д. А. Киверов, 2025

Получено: 26.02.2024 г.



УДК 72.01

А. А. КАЧЕМЦЕВА, доц. кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства

ДРЕВНЕРУССКИЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-92; факс: (831) 430-19-36; эл. почта: kachemtseva@yandex.ru

Ключевые слова: графический источник, реставрация наследия, теория и история архитектуры, русская архитектура, древнерусские графические источники.

В статье обоснована необходимость изучения древнерусских графических источников для их применения в реставрационной деятельности. На основе историко-генетического метода и анализа восстановительных работ В. Д. Ермолина продемонстрирована глубокая взаимообусловленность развития процессов реставрации и информационного потенциала графических источников соответствующего периода.

Исторический путь русской архитектуры впечатляюще долг. Начало ее развития по утверждению академика А. В. Иконникова [1] принято связывать со временем расцвета Киевской Руси, наступившим в конце X – начале XI в. Однако несмотря на то, что изучение графических источников до XVII века привлекает внимание исследователей [2], оно освещено в научной литературе довольно скупо. Еще сложнее обстоят дела с анализом графических источников в аспекте реставрации архитектурного наследия России, поскольку, с одной стороны, – количество и характер подобных источников существенно ограничивают возможности их применения в реставрационной практике; с другой – подавляющее большинство исследователей указывают, что сама по себе реставрация, выделенная в качестве особой области деятельности, сформировалась лишь в эпоху Нового времени [3].

Вместе с тем актуальность темы исследования древнерусских графических источников обусловлена непрерывностью исторических процессов и требует изучения их происхождения и развития, а также выявления связи с архитектурной деятельностью даже на том этапе, когда реставрационная практика еще не была полностью осознана и сформирована. Кроме того, именно древнерусская культура заложила основу для архитектурной идентичности нашей страны.

Наиболее соответствующим задачам исследования в этой связи представляется историко-генетический метод, при котором за точку отсчета будут взяты самые ранние восстановительные архитектурные работы с объектами наследия. В частности, некоторые исследователи (К. К. Романов, А. В. Столетов) интерпретируют как первую русскую реставрационную работу – восстановление В. Д. Ермолиным в середине XV века Георгиевского собора 1230–1234 гг. в Юрьеве-Польском [4].

Простояв более 230 лет, храм рухнул в конце 1460-х гг. (предположительно в 1467 году) и был «собран» московским архитектором Василием Ермолиным за один сезон 1471 года. К этому году Ермолин уже обладал строительным и «реставрационным» опытом работы с памятниками XIV–XV вв. В 1467 г. он

руководил завершением строительства пострадавшего от пожара собора Вознесенского монастыря в Московском Кремле, в списке его работ также значились: церковь Афанасия и Кирилла, епископов Александрийских и скульптурный декор Фроловской башни в Московском кремле. В 1469 г. при участии Ермолина были «обновлены» древняя каменная церковь Воздвижения на Торгу и храм на Золотых воротах во Владимире [5]. Однако, при всем опыте Ермолина в Юрьеве-Польском на старом фундаменте, с сохранением первоначальной планировки, им был возведен новый собор, а не проведена реставрация существовавшей ранее постройки, даже несмотря на то, что основным материалом послужила разрушившаяся белокаменная резная кладка старого здания.

В плане изучения графических источников этого периода важным представляется исследование инженерной реставрации Евгения Владимировича Косыгина, который отмечает, что никаких чертежей или изображений первоначального облика собора в Юрьеве-Польском на момент воссоздания не было обнаружено, вследствие чего «ермолинский» храм разительно отличался от памятника XIII века [6]. Автор указывает, что стены собора были доложены, своды сведены более низкими, а барабан восстановлен более приземистым чем прежде. Помимо этого, бережное отношение к старой кладке не подразумевало восстановление первоначальных композиций, составлявших фасадную декорацию собора. Так квадры с резными изображениями оказались на новых местах, и программа скульптурного оформления была безвозвратно утрачена.

Таким образом, можно констатировать, что из-за отсутствия графических источников при выполнении работ на ценном объекте наследия – последнем из владими́ро-суздальских храмов домонгольского периода – как минимум, пропорции здания, первоначальный вид завершения и порядок расположения резных камней были нарушены. Дальнейшую непростую судьбу выдающегося памятника владими́ро-суздальской школы белокаменного зодчества, а также варианты научной реконструкции П. Д. Барановского (1940-е), А. В. Столетова (1960-е) и В. П. Выголова (1980-е) подробно изучил и описал М. Р. Морозов [7].

Другим аспектом изучения древнерусских графических источников в свете реставрации архитектурного наследия можно назвать анализ их информационного потенциала. С этой точки зрения необходимо задаться вопросом: какие именно графические источники информации Ермолин мог бы применить при работе над Георгиевским собором в Юрьеве-Польском или его современники при любом аналогичном исследовании? Для ответа необходимо проанализировать разнообразие и характер древнерусских графических источников соответствующего периода.

В середине XV века графическую информацию об архитектурных сооружениях сохраняли преимущественно: иконопись, палатное письмо и житийные миниатюры (именно они зачастую отличались многосюжетностью композиций и наличием богатого исторического материала). Изучение историко-археологической стороны древнерусских архитектурных изображений в этих источниках для определения возможности их привлечения в качестве графического источника информации традиционно занимало исследователей [8-11]. Однако до сих пор единое мнение по этому вопросу не до конца сформировано.

Обзор архитектурных сооружений, изображенных на памятниках древнерусской живописи из собрания Государственной Третьяковской галереи, провел историк искусства, автор множества монографий и книг А. Н. Свириг [8]. Он установил, что на иконах XIII–XIV вв. преобладают характерные эллинистическо-византийские мотивы, наряду с которыми встречаются упрощенные изображения русских одноглавых церквей. Более убедительные изображения архитектурных пейзажей XV–XVI веков нашли свое воплощение, по словам автора, лишь в более поздних графических материалах. Например, иконах «О тебе радуется» XVII века. Их архитектурный фон представлен крупным многоглавым храмом пирамидального построения с закомарами, кокошниками и пилястрами, подразумевающими наличие некоего не установленного, но реального образца.

Доктор наук, профессор Черный В. Д. в своем исследовании пришел к заключению, что до XIV века архитектурные образы в древнерусском изобразительном искусстве не отражали формы реально существовавших построек. В период XV–XVI веков в изображениях начали появляться элементы типологии и формы конкретных сооружений и лишь в более поздний период, с XVII века авторами предпринимались попытки точного воспроизведения облика реально существующих объектов [9].

Автор труда «Основы реконструкции перспективы и архивного фотоснимка» профессор Н. Б. Шкинева, напротив, заключила, что задники русских икон по корректности изображения и содержательному объему информации превосходят все существующие на сегодняшний день изобразительные средства и сопоставимы только с современной киносъемкой [10].

Промежуточного мнения между этими полярными точками зрения придерживается искусствовед и реставратор, профессор, член Союза архитекторов России М. И. Мильчик, который указывает, что ожидание от иконного изображения фотографической точности неминуемо приводит исследователя к ошибочным заключениям [11]. В своей работе он критически высказывается о применении М. Г. Худяковым миниатюры с листа 805 Шумиловского тома Свода при реконструкции мечети Кул-Шариф XVI века в Казани и использовании архитектором Е. Н. Морозкиной клейм житийной иконы преп. Саввы Крыпецкого для обоснования реконструкции Крыпецкого монастыря под Псковом. Вместе с тем автор отмечает ряд реставрационных и исследовательских работ, в которых древнерусские графические источники оказались ключевыми при изучении архитектурных объектов и не отмечает возможности применения древнерусского иконного материала в реставрационной деятельности, безусловно, при условии тщательного атрибутирования и определения степени достоверности каждого изображения.

Таким образом, можно заключить, что на сегодняшний день исследователи, обращавшиеся к вопросу применимости древнерусских графических источников при реставрации архитектурного наследия не пришли к единой трактовке возможности их использования. Однако некоторые исследователи отмечают взаимосвязь между возрастом графического источника и его информационным потенциалом, что в итоге и должно определять перспективу применения изображения в процессе реставрации.

Следовательно, допустимо предположить, что несформированность реставрационной практики в России до начала Нового времени была обусловлена

не только социокультурными причинами, связанными с принципиально иным отношением к наследию, но и относительно низким информационным потенциалом древнерусских графических источников. Либо, по другой версии [10] – высоким информационным потенциалом при усложненном «чтении» изображения, доступном лишь весьма ограниченному кругу лиц.

Несмотря на неоднозначное отношение исследователей, представляется очевидным, что дальнейшее изучение древнерусских графических источников является важнейшим направлением для исследований, которое в перспективе способно не только повлиять на реставрационную практику, но и в целом обогатить наши представления о древнерусской архитектуре, углубив знания о ней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иконников, А. В. Тысяча лет русской архитектуры : развитие традиций / А. В. Иконников. – Москва : Искусство, 1990. – 386 с. – ISBN 5-210-00310-8. – Текст : непосредственный.
2. Карманенко, Т. А. Художественные особенности изображений монастырской архитектурной среды в миниатюрах русских лицевых житий XVI века : специальность 17.00.04 "Изобразительное и декоративно-прикладное искусство и архитектура" : диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения / Карманенко Татьяна Анатольевна. – Москва, 2000. – 141 с. – Текст : непосредственный.
3. Шумилкин, А. С. Эволюция приемов и формирование теоретической модели реставрации памятников архитектуры / А. С. Шумилкин ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Текст : электронный // Наследие и современность. – 2023. – Том 6, № 1. – С. 31–41. – DOI 10.52883/2619-0214-2023-6-1-31-41.
4. Памятники архитектуры в дореволюционной России. очерки истории архитектурной реставрации : монография / А. Л. Баталов, Т. В. Вятчина, И. И. Комарова [и др.] ; под общей редакцией А. С. Щенкова. – Москва : ТЕРРА-Кн. клуб (ТРКК), 2002 (ОАО Яросл. полигр. комб.). – 525 с. – ISBN 5-275-00664-0. – Текст : непосредственный.
5. Полное собрание русских летописей : изданное по высочайшему повелению Археографической комиссией. Том 23. Ермолинская летопись. – Санкт-Петербург : Типография М. А. Александрова, 1910. – 239 с. – URL: <https://www.prilib.ru/item/437923>. – Текст : электронный.
6. Косыгин, Е. В. Основы инженерной реставрации и сохранения зданий и сооружений-памятников истории и культуры - на базе экосистемного метода : специальность 05.23.01 "Строительные конструкции, здания и сооружения" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Косыгин Евгений Владимирович ; Российский государственный открытый технический университет путей сообщения. – Владимир, 2004. – 48 с. – EDN NHPYZF. – Текст : электронный.
7. Морозов, М. Р. К проблеме научной реконструкции Георгиевского собора города Юрьева-Польского, восстановленного В. Д. Ероминым в 1471 году / М. Р. Морозов. – Текст : электронный // Наука, образование и экспериментальное проектирование : материалы международной научно-практической конференции, 8–12 апреля 2019 г. : труды конференции. – Москва : Московский архитектурный институт, 2019. – С. 346–349. – EDN NRDZHH.
8. Свирин, А. Н. К вопросу об изображениях архитектурных форм в произведениях древнерусской живописи, хранящихся в собрании Государственной Третьяковской галереи / А. Н. Свирин. – Текст : непосредственный // Государственная Третьяковская галерея. Материалы и исследования. – Москва : Изогиз, 1956. – Том I. – С. 10–20.



9. Черный, В. Д. Архитектура в древнерусском изобразительном искусстве / В. Д. Черный. – Текст : электронный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2016. – № 3 (30). – С. 49–53. – EDN WMBCBV.

10. Шкинева, Н. Б. Графическая система русской иконописи как универсальная система изображения информации об архитектурном объекте / Н. Б. Шкинева. – Текст : электронный // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 4 (26). – С. 54–62. – EDN RSTDST.

11. Мильчик, М. И. Древнерусская иконография монастырей, храмов и городов XVI–XVIII веков : статьи 1973–2017. – Санкт-Петербург : Коло, 2017. – 380 с. – Текст : непосредственный.

KACHEMTSEVA Anna Aleksandrovna, associate professor of the chair of landscape architecture

ANCIENT RUSSIAN GRAPHIC SOURCES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-92; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: kachemtseva@yandex.ru

Key words: graphic source, restoration of heritage, theory and history of architecture, Russian architecture, ancient Russian graphic sources.

The article substantiates the need to study ancient Russian graphic sources for their use in restoration activities. Based on the historical and genetic method and the analysis of restoration works by V.D. Ermolin, the deep interdependence of the development of restoration processes and the information potential of graphic sources of the corresponding period is demonstrated.

REFERENCES

1. Ikonnikov A. V. Tysyacha let russkoy arkhitektury : razvitie traditsiy [A Thousand Years of Russian Architecture: Development of Traditions]. Moscow, Iskustvo, 1990, 386 p., ISBN 5-210-00310-8.

2. Karmanenko T. A. Khudozhestvennye osobennosti izobrazheniy monastyrskoy arkhitekturnoy sredy v miniatyurakh russkikh litseykh zhitij XVI veka [Artistic features of images of the monastery architectural environment in miniatures of Russian illuminated lives of the 16th century] : spetsialnost 17.00.04: diss. ... kand. iskusstvovedeniya. Moscow, 2000, 141 p.

3. Shumilkin A. S. Evolyutsiya priemov i formirovanie teoreticheskoy modeli restavratsii pamyatnikov arkhitektury [Evolution of techniques and formation of a theoretical model of restoration of architectural monuments]. Nasledie i sovremennost [Heritage and Modernity], 2023, Vol. 6, № 1, P. 31–41. DOI 10.52883/2619-0214-2023-6-1-31-41.

4. Batalov, A. L., Vyatchanina, T. V., Komarova, I. I. [et al.]. Pamyatniki arkhitektury v dorevolutsionnoy Rossii. Ocherki istorii arkhitekturnoy restavratsii [Architectural Monuments in Pre-Revolutionary Russia. Essays on the History of Architectural Restoration] : monografiya / pod obshchey redaktsiey A. S. Shchenkova. Moscow, TERRA-Kn. klub (TRKK), 2002, 525 p., ISBN 5-275-00664-0.

5. Polnoe sobranie russkikh letopisey [Complete Collection of Russian Chronicles] : izdannoe po vysochayshemu poveleniyu Arkheograficheskoy komissiey. Vol. 23. Ermolinskaya letopis. Saint Petersburg, Tipografiya M. A. Aleksandrova, 1910, 239 p. URL: <https://www.prilib.ru/item/437923>



6. Kosygin E. V. Osnovy inzhenernoy restavratsii i sokhraneniya zdaniy i sooruzheniy-pamyatnikov istorii i kul'tury - na baze ekosistemnogo metoda [Fundamentals of Engineering Restoration and Conservation of Buildings and Structures-Monuments of History and Culture - Based on the Ecosystem Method] : spetsialnost 05.23.01: avtoref. diss. ... dok. tekhn. nauk. Vladimir, 2004, 48 p., EDN NHPYZF.

7. Morozov M. R. K probleme nauchnoy rekonstruktsii Georgievskogo sobora goroda Yureva-Polskogo, vosstanovlennogo V. D. Ermolinym v 1471 godu [On the problem of scientific reconstruction of St. George's Cathedral in Yuriev-Polsky, restored by V. D. Ermolin in 1471]. Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie [Science, Education and Experimental Design] : materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 8–12 aprelya 2019 g. Moscow, Moskovskiy arkhitekturny institut, 2019, P. 346–349.

8. Svirin A. N. K voprosu ob izobrazheniyakh arkhitekturnykh form v proizvedeniyakh drevnerusskoy zhivopisi, khranyashchikhsya v sobranii Gosudarstvennoy Tretyakovskoy galerei [On the question of images of architectural forms in works of ancient Russian painting, stored in the collection of the State Tretyakov Gallery]. Gosudarstvennaya Tretyakovskaya galereya. Materialy i issledovaniya [State Tretyakov Gallery. Materials and research]. Moscow, Izogiz, 1956, Vol. I, P. 10–20.

9. Cherny V. D. Arkhitektura v drevnerusskom izobrazitel'nom iskusstve [Architecture in Old Russian Fine Art]. Akademicheskii vestnik UralNIIproekt RAASN [Academic Bulletin UralNIIproekt RAACS], 2016, № 3 (30), P. 49–53.

10. Shkineva N. B. Graficheskaya sistema russkoy ikonopisi kak universal'naya sistema izobrazheniya informatsii ob arkhitekturnom ob'ekte [The graphic system of Russian icon painting as a universal system for displaying information about an architectural object]. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering], 2013, № 4 (26), P. 54–62.

11. Milchik M. I. Drevnerusskaya ikonografiya monastyrey, khramov i gorodov XVI–XVIII vekov [Old Russian Iconography of Monasteries, Temples and Cities of the 16th–18th Centuries] : stati 1973–2017. Saint Petersburg, Kolo, 2017, 380 p.

© А. А. Качемцева, 2025

Получено: 30.10.2024 г.



УДК 712.4:692.435

Т. В. КИРЕЕВА, канд. филос. наук, доцент, проф. кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства

СЕМАНТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ «ЗЕЛеной» АРХИТЕКТУРЫ. ПЛОСКОСТЬ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: +7 (831) 433-93-92; эл. почта: tkireeva2005@yandex.ru

Ключевые слова: «зеленая» архитектура, зеленые стены, вертикальное озеленение, зеленые кровли, висячие сады, семантика «зеленой» архитектуры, Патрик Бланк.

В статье рассматривается семантический аспект построения композиционной структуры пространственной среды «зеленой» архитектуры – нового для нас направления развития архитектуры. Плоскость как двухмерный элемент – основа композиции фасада здания. Описаны принципы и приемы построения «зеленой» плоскости в привязке к различным объектам современной архитектуры и творчеству Патрика Бланка. Приведен краткий анализ и перспектива развития отечественной «зеленой» архитектуры.

«Зеленая» архитектура является одним из перспективных направлений развития архитектуры XXI века через идею возвращения природы в город, где «объединение Человека с Природой, путь интеграции и синтеза, когда природа входит в архитектуру, а архитектура сливается с природой в единое целое» [В. Н. Логвинов, 1, С.17].

Объекты «зеленой» архитектуры, созданные за последние 15 лет демонстрируют разнообразие формы, пластики, смелых конструкций и инновационных технологий в зеленом оформлении фасадов: это МКЦ «Намба-парк» в Осака; Ботанический сад «Эдем» в Сент-Остелле; офисный центр «Сфера-Амазон» в Сиэтле; зеленая пирамида Ко-Боген в Дюссельдорфе; «Вертикальные сады» – «живописные картины» из живых растений на фасадах зданий Патрика Бланка; «Вертикальный лес» (*Bosco Verticale*) Милана – деревья и кустарники на балконах от Стефано Боэри (*Stefano Boeri*) и многие другие объекты, разбросанные по всему миру, подтверждают актуальность данного направления.

По мнению Н. А. Сапрыкиной, «зеленая» архитектура, реализуя экологические принципы, создает новый архитектурный язык, основанный на применении инновационных технологий и новых материалов с сочетанием с традиционными приемами и опытом строительства:

- автономность от городской инфраструктуры;
- использование информационных технологий;
- использование экологически чистых, природных материалов;
- принципы энергосбережения и саморегуляции;
- высокая комфортность среды обитания;
- использование и изучение природных форм и процессов [2].

В данном случае архитектура и «зеленая» архитектура идут «рука об руку», дополняя и обогащая выразительный язык друг друга, решая при этом вопросы экологического и визуально-эстетического формата.

Плоскость – первичный элемент формы и как часть архитектурного объема, обладает длиной, шириной, поверхностью, конфигурацией, ориентацией, расположением [3]. Так же, как в архитектуре главная фасадная плоскость может быть решена в самостоятельном композиционно-стилевом построении, так и в «зеленой» архитектуре главный фасад может значительно отличаться от остальных фасадов, выполняя определенную композиционную и градостроительную роль объекта.

Дополнительные свойства плоскости – цвет, рисунок, фактура значительно влияют на зрительное восприятие, вызывают различные чувства и эмоции, что в случае с «зеленой» архитектурой имеет преимущества по сравнению с традиционной архитектурой: зеленый цвет фона, разнообразие оттенков цветочных растений, движение фактур, наличие запахов и порхающих насекомых вызывает у горожанина только положительные эмоции, повышает настроение и снижает стресс.

Зеленая стена-плоскость формируется за счет посадок растений в специальную конструкцию-каркас, закрепляемую на фасаде здания.

Вертикальная плоскость. Вертикальное озеленение фасадов вьющимися растениями и лианами, посаженными в грунт, известно в России давно, что подтверждают исторические фотографии конца XIX - начала XX вв.: оформление фасадов, главного крыльца, балконов и террас. Эта традиция поддерживается и сейчас, но не в полной мере.

Возникшее в начале XXI века озеленение фасадов «живыми» растениями связывают с именем французского ботаника Патрика Бланка (*Patrick Blanc*), который, изучая растения в тропических и азиатских странах, задался вопросом: – «А действительно ли деревьям нужна почва? Не обязательно. Почва – всего лишь механическая поддержка. Растениям важны только вода и минералы, которые находятся в этой почве, а также свет и углекислый газ для фотосинтеза» [4]. Этот важный вывод лег в основу разработки новой технологии озеленения фасадов – создания «вертикальных садов». Но другим важным выводом исследования стало утверждение, что не все растения могут переносить эти условия. Необходимо использовать лишь те, которые способны расти без почвы, но при достаточном количестве воды, света и минералов.

Настоящим прорывом в «зеленой» архитектуре стало оформление стены административного здания музея Бранли в Париже в 2006 г. На площади 800 м² было высажено 15 тысяч растений 170 видов. Растения разной высоты и объемов, создали глубокую фактуру вертикальной плоскости фасада, а меняющееся дневное освещение добавило разнообразие красок и оттенков в общую зеленую симфонию необычного фасада (рис. 1 цв. вклейки). Здесь была использована запатентованная в 1988 г. Патриком Бланком инновационная технология создания «вертикального сада» – плоской конструкции из живых растений и трех деятельных слоев:

- металлический каркас, закрепленный к фасаду здания на небольшом расстоянии, обеспечивающим вентиляцию и воздухообмен для растений;
- слой вспененного ПВХ – внешняя к фасаду здания основа сада и теплоизолятор;
- слои фетра из полиамида с высокой степенью капиллярности и влагоемкости – это своеобразная «почва» для растений, где они закрепляются и развиваются;

– система капельного автополива питательным раствором для поддержания влажного состояния слоев фетра, что обеспечивает рост растений вертикального сада. Система имеет замкнутый цикл. Растения с разной текстурой и формой приживаются и адаптируются к различным климатическим условиям. Сады Бланка украшают стены зданий по всему миру: в Нью-Йорке, Сеуле, Берлине, Барселоне, Мадриде и Эр-Рияде в Саудовской Аравии, Куала Лампур в Малайзии и в Африке.

Технология «вертикального сада» Патрика Бланка применима как для экстерьера, так и для интерьера. «Зеленый пейзаж» высотой в пару этажей в интерьере кафе популярного книжного магазина в Берлине (рис. 2 цв. вклейки) отлично дополняет атмосферу и способствует умственному и духовному отдыху после часового просмотра книжных новинок.

Вертикальная линейная плоскость определяется соотношением большей протяженности к высоте объекта. Такие плоскости характерны для одноэтажного строения; для выявления нижнего этажа или выполнения декоративной «зеленой» полосы на многоэтажном здании. Примером самой большой в Европе «зеленой» линейной плоскости площадью 1263 м², с относительно небольшим объемом фактуры, является зеленая стена торгового центра «Фьордалисо» в итальянском городе Рощано архитектора Франческа Боллани, где высажено 4400 растений.

Угловая конфигурация плоскостей формирует угол здания, где сходятся две плоскости. Такое решение отлично работает при угловом расположении здания на пересечении улиц, что позволяет рассмотреть боковой фасад. Например, в городе Авиньон (Франция) на здании многоэтажной парковки *Les Halles* главный и боковой фасад выполнены П. Бланком в конструкциях «вертикального сада» (2006 г.). Зеленые растительные стены сглаживают визуальный диссонанс от многоэтажной парковки, расположенной на оживленной торговой площади городка.

Конфигурация «зеленой» плоскости может быть различной. Конфигурация определяется контуром, крайней линией формы. В «зеленой архитектуре» это линейная направляющая в конструкции сада для жесткой геометрии прямоугольника, квадрата; и гибкая направляющая для круга или природной, мягкой, криволинейной конфигурации, как например, в сложной форме волны на фасаде отеля *Icon Hotel* политехнического университета Гонконга.

Криволинейная плоскость формируется при использовании криволинейных, гибких направляющих конструкции сада, которые могут иметь как вогнутую, так и выпуклую геометрию. Например, вогнутые, «зеленые» плоскости сада на ограждениях интерьерных террас торгового центра *Siam Paragon* в Бангкоке (2005 г.). Интересен уникальный проект *FAAP* для Сан-Паулу разработанный П. Бланком, где коридор входа в экспозицию выполнен в виде «зеленой» спиральной раковины, где каждая плоскость-стена – «вертикальный сад».

Дополнительные свойства плоскости усиливают семантику «зеленой архитектуры», добавляют эмоции восприятия. Создаваемый автором пейзаж, картина «вертикального сада» основана на нескольких принципах построения: базовый зеленый фон, контраст фактур, цветовые акценты.

Базовый цвет основного фона «вертикальных садов» – зеленый, с различными оттенками теплых и холодных градаций, рассчитан на положительное визуальное восприятие различных групп населения. Занимая большую площадь стены, он не должен вызывать чувство разочарования,

**К СТАТЬЕ Т. В. КИРЕЕВОЙ «СЕМАНТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ
«ЗЕЛеной» АРХИТЕКТУРЫ. ПЛОСКОСТЬ»**



Рис. 1. Зеленая стена – «вертикальный сад»
Патрика Бланка. Музей Бранли в г. Париж, 2012 г.



Рис. 2. Зеленая стена
П. Бланка в книжном
магазине в г. Берлин, 2013 г.



а

Рис. 3. *а* – зеленая стена *Caixa Forum Bose Vertical*;
б – посадочное гнездо для дерева, г. Барселона, 2024 г.



б



Рис. 4. Зеленая древесная стена в Выставочном комплексе в
районе Портелло в г. Милан, 2016 г.



Рис. 5. Пергола, увитая
лианами в парке в г. Утрехт,
2017 г.



Рис. 6. Вертикальное озеленение фасада гостиницы «Москва» в г. Сочи, 2008 г.



Рис. 7. Вертикальное озеленение жилого дома старой застройки Нижнего Новгорода, 2024 г.



Рис. 8. Зеленая крыша подземной Университетской библиотеки в г. Дрезден, 2019 г.



Рис. 9. Зеленая наклонная плоскость травяной эксплуатируемой крыш в г. Амстердам, 2013 г.



Рис. 10. Наклонная плоскость крыши павильона метро ЦСКА в г. Москва, 2023 г.



Рис. 11. Криволинейная форма крыши Бионического дома в Подмосковье, 2022 г.



Рис. 12. «Вертикальный сад» на стене бизнес-школы в Сколково, 2010 г.

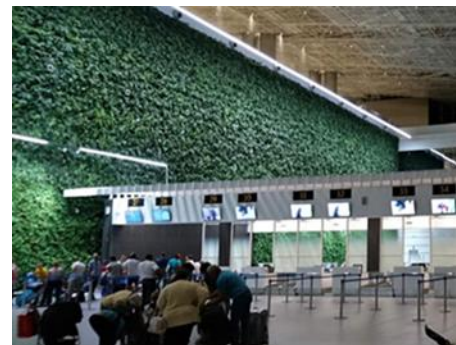


Рис. 13. Зеленая стена аэропорта в г. Симферополь, 2017 г.

неприятия, агрессии, соответственно, не стоит выбирать в качестве фона темные оттенки растений, листья и цветов.

Акцентные цветовые пятна выбираются автором на основании общей идеи композиции, колористики и часто зависят от применяемого регионального или устойчивого ассортимента растений. Акцентным цветом могут также выступать растения с естественной для них окраской темных или пестрых оттенков.

Фактура зеленой стены определяется высотой используемых растений и тут широкий диапазон выбора, что дает автору неограниченные возможности, это мы можем видеть на примерах, приведенных выше.

Новым и неожиданным решением для «вертикального сада» стала идея посадки деревьев на ее плоскость. В Барселоне на горизонтальную плоскость «вертикального сада» *Caixa Forum Bose Vertical* кроме 22 тысяч травянистых, цветочных растений и кустарников было высажено 15 деревьев (рис. 3-а цв. вклейки). Для их посадки были разработаны специальные полусферы «природного стиля», выступающие от плоскости на 1,2 м, которые были надежно закреплены к стене (рис. 3-б цв. вклейки).

Caixa Forum Bose Vertical площадью 500 м² стал хорошим решением городской проблемы, закрыв собою 50 м граффити на стене Палу-де-ла-Металлургия. Богатая фактура плоскости за счет цветочных, травянистых, злаковых и вьющихся растений привлекает внимание и наглядно транслирует идею возвращения природы в город.

Выше были приведены примеры «вертикального сада», которые выполняются по технологии Патрика Бланка, но зеленые стены могут быть сформированы за счет посадки древесно-кустарниковой растительности на фасаде или террасе здания или вьющимися растениями-лианами.

Линейная плоскость плотной посадки деревьев на террасе второго этажа выставочного центра Фьерамиланосити района Портелло в Милане (рис. 4 цв. вклейки) украшает улицу, формирует образ современного торгово-выставочного комплекса как пример экологичной, устойчивой архитектуры. Здесь работает габитус и фактура зеленого объема каждого дерева, колышущегося при дуновении ветра.

Вертикальную плоскость любой конфигурации и формы могут создавать вьющиеся растения – лианы, поднимаясь по конструкции. Их гибкая структура обвивает любые формы, и архитектор может достичь невероятных результатов при использовании лиан.

В пригородном парке *Maximapark* в Утрехте (рис. 5 цв. вклейки) девичий виноград, постепенно завивая опоры, превратил резную конструкцию Перголы в зеленую декоративную стену, которая практически «растворилась» на фоне леса, при этом защитив лесопарк от шума и выхлопа транспортной магистрали.

Вертикальное озеленение фасадов лианами и вьющимися растениями – отличный и эффективный прием оформления фасада и движение в сторону уменьшения теплового разогрева поверхностей и покрытий, на сегодня это важно для всех областей нашей страны, но особенно – для южных районов. В городе Сочи в десятые годы был отличный пример заполнения лианами дворового фасада гостиницы «Москва» (рис. 6 цв. вклейки). Лианы, цепляясь за ребра выступающих пилястр, создали великолепный, живой ритм на фасаде здания, обогатили пространственное окружение и улучшили микроклимат помещений.

У нас в Нижнем Новгороде, особенно в историческом районе улицы Ильинской, есть много примеров озеленения лианами фасадов исторических (рис. 7 цв. вклейки) и современных зданий; ограждений; входных арок, где наиболее часто встречается виноград девичий – активная, устойчивая лиана с красивым листом и богатой фактурой.

Горизонтальная нижняя плоскость в «зеленой» архитектуре – это плоскость покрытий наземных и подземных зданий с озеленением – зеленые эксплуатируемые и не эксплуатируемые кровли, которые также могут быть различной формы и конфигурации.

Большая плоская зеленая эксплуатируемая кровля накрывает подземную библиотеку университета Дрездена (рис. 8 цв. вклейки). Эта зеленая, цветущая кровля-поляна – место релакса, отдыха и визуального наслаждения для студентов и преподавателей, а также эффективное использование территории университета и вклад в экологию города.

Зеленая плоскость может быть наклонной, травяной и использоваться для отдыха (рис. 9 цв. вклейки) или может выполнять декоративную и экологическую функцию, как это сделано на крыше станции метро ЦСКА в Москве (рис. 10 цв. вклейки).

Зеленая плоскость криволинейной формы, как зеленая кровля экстенсивного типа, встречается очень редко. Бионический дом, построенный в Подмоскowie имеет сложную конфигурацию зеленой кровли (рис. 11 цв. вклейки), которая является продолжением бионической формы здания.

Для России из-за климатических условий создание «вертикального сада» из живых растений возможно только в интерьере – наш первый «вертикальный сад» украсил стену бизнес-школы Сколково в 2010 г. – именно «живая, зеленая стена» подтверждает приверженность молодых предпринимателей в защите окружающей среды (рис. 12 цв. вклейки).

Уникальная зеленая стена появилась в пассажирском зале нового аэропорта Симферополя в 2016 г. Она выпалена в смешанной технике: нижняя часть – живые растения, а верхняя часть – искусственные растения (рис. 13 цв. вклейки).

Выводы. «Зеленая» архитектура в России делает первые шаги. Отсутствие теоретической базы обучения, научных исследований, нормативной базы и практических навыков проектирования, а также наши климатические условия сужают рамки творчества. Мы вынуждены ограничиться вертикальным озеленением фасадов, озеленением эксплуатируемых и неэксплуатируемых кровель и созданием «вертикальных садов» разных типов в интерьере. В таких объектах плоскость является базовым элементом «зеленой» архитектуры.

Дополнительные свойства плоскости: базовый зеленый фон, контраст фактур и цвета, цветовые акценты усиливают семантику «зеленой» архитектуры, добавляют эмоции восприятия. «Вертикальный сад», вертикальное озеленение и озеленение эксплуатируемых кровель и зеленых кровель повышают комфорт и экологию городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логвинов, В. Н. Природа и архитектура: путь интеграции : памяти И. З. Чернявского / В. Н. Логвинов. – Москва : [б. и.], 2019. – 218 с. – ISBN 978-5-4465-2067-1. – Текст : непосредственный.
2. Сапрыкина, Н. А. Формирование архитектурного пространства в контексте парадигмы устойчивого обитания: экологические концепции / Н. А. Сапрыкина. – URL:



<https://contemporaryarchitecture.ru/wpcontent/uploads/2023/01/saprykina.pdf>. – Текст : электронный.

3. Чинь Франсис, Д. К. Форма, пространство, композиция / Франсис Д. К. Чинь ; перевод с английского Е. Нетесовой. – Москва : АСТ : Астрель, 2010. – 432 с.: ил. – Текст : непосредственный.

4. Welcome to Vertical Garden Patrick Blanc | Vertical Garden Patrick Blanc. – URL: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com>. – Текст : электронный.

5. Presentación Bosque Vertical Aniversario CaixaForum Barcelona. – URL: [file:///C:/Users/Татьяна/Downloads/NdP_Presentación_Bosque_Vertical_Aniversario_CaixaForum_Barcelona%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Татьяна/Downloads/NdP_Presentación_Bosque_Vertical_Aniversario_CaixaForum_Barcelona%20(1).pdf). – Текст : электронный.

KIREEVA Tatiana Valentinovna, candidate of philosophic sciences, associate professor, professor of the chair of landscape architecture and landscape construction

THE SEMANTIC ASPECT OF “GREEN” ARCHITECTURE. THE PLANE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 433-93-92; email: tkireeva2005@yandex.ru

Key words: "green" architecture, green walls, vertical landscaping, green roofs, hanging gardens, semantics of "green architecture", Patrick Blanc.

The article examines the semantic aspect of constructing the compositional structure of the spatial environment of "green" architecture, a new direction of architecture development for us. The plane as a two-dimensional element is the basis of the composition of the facade of the building. The principles and techniques of constructing a "green" plane in relation to various objects of modern architecture and the work of Patrick Blanc are described. A brief analysis and perspective of the development of the national "green" architecture is given.

REFERENCES

1. Logvinov V. N. Priroda i arkhitektura: put integratsii : pamyati I. Z. Chernyavskogo [Nature and Architecture: The Path of Integration : In Memory of I. Z. Chernyavsky]. Moscow, 2019, 218 p.

2. Saprykina N. A. Formirovanie arkhitekturnogo prostranstva v kontekste paradigmy ustoychivogo obitaniya: ekologicheskie kontseptsii [Formation of architectural space in the context of the paradigm of sustainable habitation: ecological concepts]. URL: <https://contemporaryarchitecture.ru/wpcontent/uploads/2023/01/saprykina.pdf>.

3. Ching Francis D. K. Forma, prostranstvo, kompozitsiya [Form, Space, and Order]. per. s angl. E. Netesova. Moscow, AST, Astrel, 2010, 432 p.: il.

4. Welcome to Vertical Garden Patrick Blanc | Vertical Garden Patrick Blanc. URL: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com>.

5. Presentación Bosque Vertical Aniversario CaixaForum Barcelona [Vertical Forest Presentation Anniversary CaixaForum Barcelona]. URL: [file:///C:/Users/Татьяна/Downloads/NdP_Presentación_Bosque_Vertical_Aniversario_CaixaForum_Barcelona%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Татьяна/Downloads/NdP_Presentación_Bosque_Vertical_Aniversario_CaixaForum_Barcelona%20(1).pdf).

© Т. В. Киреева, 2025

Получено: 28.01.2025 г.



УДК 72.03(571.14)

Д. Ю. КИСЕЛЬНИКОВА¹, канд. архитектуры, главный архитектор проектов; Е. Д. КОЛЕСНИКОВА², студент; Г. Я. РАГИНО, доц. кафедры архитектуры², архитектор-реставратор³

СТИЛИСТИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ ЦЕНТРА ГОРОДА НОВОСИБИРСК

¹ООО «Формат Проект». Россия, 630099 г. Новосибирск,
ул. Максима Горького, д. 64, 2 этаж.

Тел.: (383) 347-85-05; эл. почта: work@formatop.ru

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А. Д. Крячкова». Россия, 630099, г. Новосибирск,
Красный проспект, д. 38.

Тел.: (383) 209-17-50; эл. почта: work@priem_rekt@nsuada.ru

³ООО «Архитектурная мастерская Тоскина». Россия, 659300, Алтайский край, г. Бийск,
ул. Ивана Тургенева, д. 9, кв. 5.

Тел.: (3854) 32-80-62; эл. почта: amt_nsk@mail.ru

Ключевые слова: архитектурный стиль, реконструкция, объект культурного наследия, стилистическая трансформация.

В статье рассматриваются основные этапы эволюции архитектуры Новосибирска. Выделяются типы стилистической трансформации, которые рассматриваются на примерах зданий в центре Новосибирска.

Проблемой исторических исследований архитектурных стилей Новосибирска является фрагментарность и разрозненность архитектурной среды, которые не характерны для городов с большим историко-культурным слоем. Сформировавшаяся с годами неоднородность продиктована стремительным развитием города и быстрой сменой архитектурных парадигм. Скачкообразное развитие Новосибирска помешало не только формированию ансамблевой застройки, но и не позволило городу получить завершенную квартальную застройку. Это во многом предопределило архитектурный облик молодого города.

С самого зарождения в конце XIX века Новосибирск и его архитектура стремительно развивались. Вслед за изменениями жизни города и страны стилистически архитектура многократно трансформировалась. С быстрой сменой стилей некоторые проявления исторических периодов в архитектуре были утрачены. Проблема, которая рассматривается в настоящей статье, заключается в противоречии между преобразованиями архитектурного облика исторических объектов в соответствии с меняющимся контекстом и потребностями быстрорастущего города, с одной стороны, и потерей оригинальных примеров исторического времени, с другой.

Целью исследования является определение типов стилистических трансформаций исторических объектов в центре Новосибирска.

Архитектура дореволюционного Новосибирска (до 1917 года)

Дореволюционный Новосибирск (в то время Новониколаевск), еще переходил из стадии поселка в стадию города. В застройке поселка преобладала

деревянная архитектура, так как дерево было наиболее дешевым и доступным строительным материалом. Резной декор на таких зданиях могли себе позволить только состоятельные хозяева. Здания с богатым резным убранством занимали центральные улицы – сегодня сохранились на улицах Максима Горького, Чаплыгина и Коммунистической.

Дореволюционное каменное строительство Новониколаевска также было сосредоточено в центральной части города – вблизи ярмарочных площадей. Основными архитектурными течениями того времени являлись модерн (например, Городской торговый корпус и 12 школьных зданий, построенных по проектам А. Д. Крячкова) и неоклассицизм (здание Коммерческого собрания, ныне театр «Красный факел», также по проекту А. Д. Крячкова).

Удаленность Новониколаевска от центральной части Российской империи отражалась в заторможенном развитии архитектурных стилей: новые тенденции доходили с опозданием, а многие декоративные элементы упрощались в силу скромных технических средств [1].

Архитектура восстановительного периода после гражданской войны (1922–1928 гг.)

Город, переименованный в 1926 году в Новосибирск, становится крупным административным центром: формируются многочисленные органы управления, и для их размещения начинается масштабное строительство. С этого исторического момента в Новосибирске, при едином заказчике в лице государственных учреждений, начинается централизованное следование всем тенденциям и резким поворотам в архитектурной и градостроительной стилистике [2]. Город становится в авангард передовых архитектурных идей.

Здания этого периода запечатлели в себе самые разные стилистические направления: романтика, формализм, конструктивизм, символизм и социалистический романтизм. Основным ориентиром в архитектуре была идейная выразительность [3]. Ярким примером идейной архитектуры выделяется Дворец Труда (по проекту инженера С. А. Шестова). При разнообразии стилей общей чертой можно выделить использование приемов, характерных для классической архитектуры: в композиции это симметрия фасадов, а в элементах – активное использование колонн, пилястр и рустовки.

Многие здания, построенные в тот период и реконструированные в 1930–1950 годы, определяют архитектурный облик исторического центра города и имеют статус объектов культурного наследия [4].

Архитектура первой пятилетки (1928–1932 гг.)

Следующим главенствующим архитектурным стилем Новосибирска становится конструктивизм – декоративность и формы здания упрощаются, облик объектов определяется их функциональным наполнением. В качестве примера можно привести здание спортивного клуба «Динамо» (архитекторы Б. А. Гордеев и С. П. Тургенев). Вертикальное угловое окно здесь выделяет лестничную клетку, а единая горизонталь окон – второй этаж.

Часть построек, которые начинали создаваться в этот период, позднее трансформировались и приобретали неоклассическое убранство – Оперный театр, Главный вокзал, Облисполком.



Архитектура социалистического реализма во второй и третьей пятилетках (1933–1942 гг.)

Архитекторы стали находить конструктивизм «чрезмерно упрощенным», поэтому здания следующего периода отражают стилистический переход от чистого конструктивизма к «советскому классицизму» (постконструктивизму, неоклассицизму). Социалистический реализм провозглашается как ведущий творческий метод (как в архитектуре, так и в других областях культуры) [5]. Новое прочтение классических и современных приемов – фасад 100-квартирного дома облисполкома (архитекторы А. Д. Крячков и В. С. Масленников).

Послевоенный период (1945–1960 гг.)

Начатое в середине 1930-х годов внедрение неоклассической эстетики к 1950-м гг. достигло своего апогея. В это время завершается строительство соответствующих стилю зданий, таких, как дворец культуры им. А. М. Горького (типовой проект, адаптированный архитекторами А. С. Михайловым и В. С. Внуковым) и парадной застройки улицы Станиславского. В центральной части появляются здания с классическими элементами на фасадах, формирующие периметр квартала и поддерживающие красные линии улиц.

Период позднесоветской архитектуры (1960–1980 гг.)

В это время в центре города появляются крупные модернистские проекты. Масштабные композиции из простых форм требовали для себя большого пространства. Для здания ГПНТБ (архитекторы А. А. Воловик, Г. Н. Бурханов, Е. В. Амосов) расчищаются кварталы закаменской части города, а для строительства Универсама сносятся кирпичные купеческие постройки. Отличительными чертами советского модернизма в Новосибирске были: мономатериальность, массивность и ритмичность форм, большие площади остекления.

Постсоветский период (после 1991 г.)

Распад СССР и социально-экономические трансформации страны после 1991 года привели к радикальным изменениям в архитектуре. Советский модернизм уступает место постмодернистским экспериментам, свободе и разнообразию стилистических проявлений. Примером такого перехода является перестройка пригородных касс. Бруталистская постройка 1980-х гг., созданная по проекту архитектора В. П. Авксентюка, была снесена в начале 2000-х гг. Уже в 2005 году на ее месте появилось эклектичное здание пригородного павильона (архитектор Ф. М. Бунтовский).

На основании приведенных выше этапов можно определить несколько типов стилистических переходов, которые характерны для новосибирской архитектуры. Здания, заставшие наибольшее число таких переходов, сохранились в исторической центральной части города.

В 1960 году Новосибирский облисполком принял решение о необходимости улучшить деятельность по охране памятников и утвердил список охраняемых объектов города и области [1]. Началась работа по выявлению и сохранению ценных архитектурных объектов. При этом ставился на охрану облик здания в последнем его состоянии – часто после нескольких этапов преобразований.

Основная масса трансформаций зданий, в том числе стилистических, пришлось на 1930-е гг. – период перехода от конструктивизма к неоклассике второй и третьей пятилетки. Реконструкция представляет собой своеобразный

диалог старого и нового [7]. Этот диалог мог выстраиваться по нескольким сценариям.

Среди исторических зданий в центре города Новосибирск можно выделить три основных типа стилистической трансформации:

- 1) объекты, сохранившие свой изначальный архитектурный стиль;
- 2) объекты, которые приобрели новые архитектурно-стилистические черты;
- 3) объекты, полностью изменившие свой архитектурный стиль.

Эти типы рассмотрим на примере трех зданий, которые сегодня являются объектами культурного наследия (рис. 1).

1). Здание «Сибдальгосторга» (ОКН регионального значения; ул. Советская, 31). Здание было построено в 1923–1924 гг. по проекту архитектора А. Д. Крячкова и состояло из трех этажей (рис. 2 и 4). В стилистике Андрей Дмитриевич вдохновлялся московским ампиrom: строгими, холодными и лаконичными фасадами. «Сибдальгосторг» был оформлен круглыми сдвоенными колоннами с ионическими ордерами на два этажа и трехчетвертными круглыми парными пилястрами по фасаду третьего этажа. Свет попадал в здание через большие окна-витрины. В центральной трапециевидной части аттикового этажа располагалось полукруглое окно с рустованным обрамлением.

В 1967 г. здание реконструировали по проекту архитектора Г. П. Зильбермана для размещения в нем Новосибирской государственной консерватории им. М. И. Глинки. Зданию надстроили четвертый этаж и изменили общие габариты, но стилистика и основные членения центральной части фасада сохранились. В качестве новых элементов добавились пилястры коринфского ордера и горизонтальная рустовка двух нижних этажей.

2). Дворец труда (ОКН регионального значения; ул. Щетинкина, 33). Здание было построено по проекту инженера «Госстроя» С. А. Шестова (рис. 3 и 5). Первоначально Дворец труда был выстроен в стилистике символического романтизма, с асимметричной группировкой разновысоких, примыкающих друг к другу корпусов, главные фасады которых имеют симметричную композицию [4].

В 1936 г. Дворец труда был реконструирован с заметным изменением его внешней архитектуры (архитекторы И. С. Алексеев и Т. Я. Бардт). Здание было увеличено на 2 этажа и приобрело черты классической архитектуры. В центральной части здания пилястры вытягиваются до 4 этажа и приобретают завершение в виде капителей. Над скругленными эркерами лестничных клеток на уровне пятого этажа появляются барельефы, изображающие трудящихся советских людей.

В данном случае мы наблюдаем органичный синтез двух стилей благодаря изменению исключительно надстраиваемой части здания.

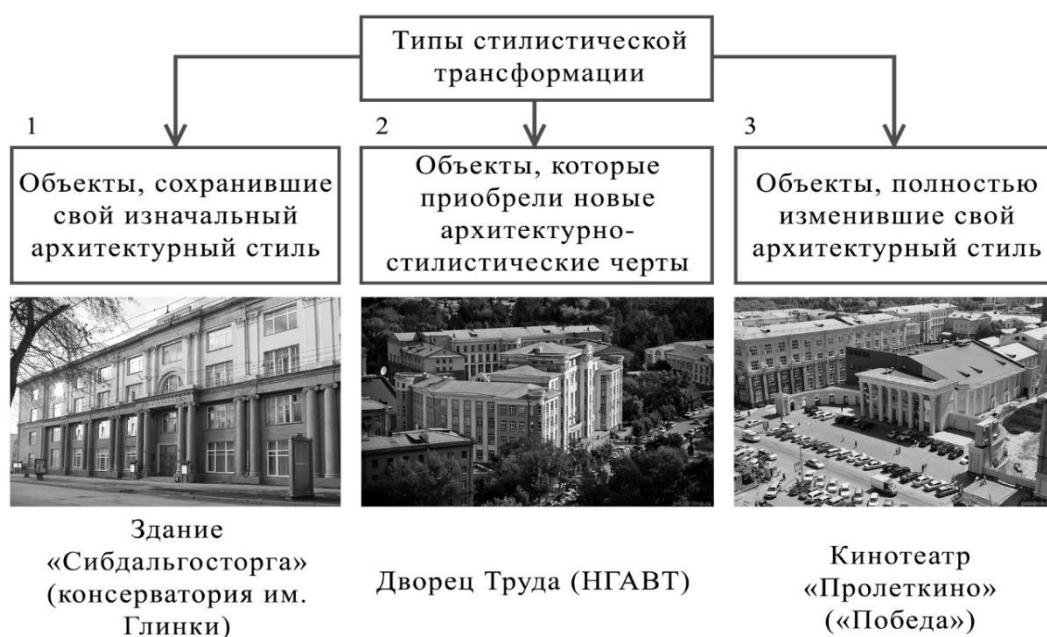


Рис. 1. Типы стилистической трансформации с примерами зданий-объектов культурного наследия

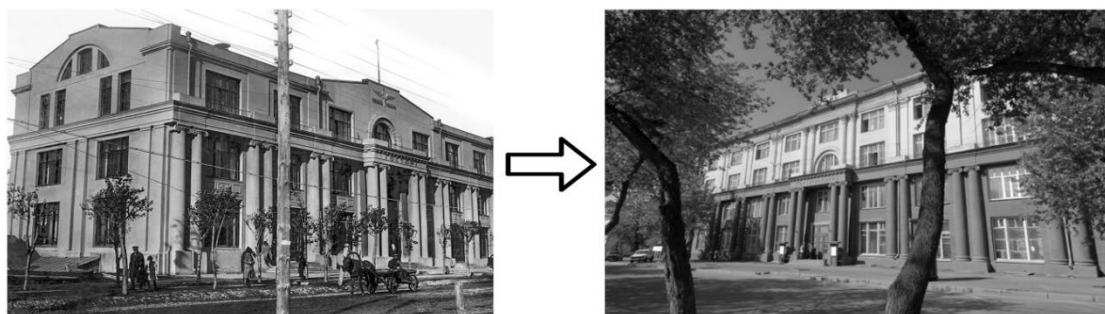


Рис. 2. Трансформация здания «Сибдальгосторга»: слева – фото 1920-е гг., справа – фото 2010-е гг.

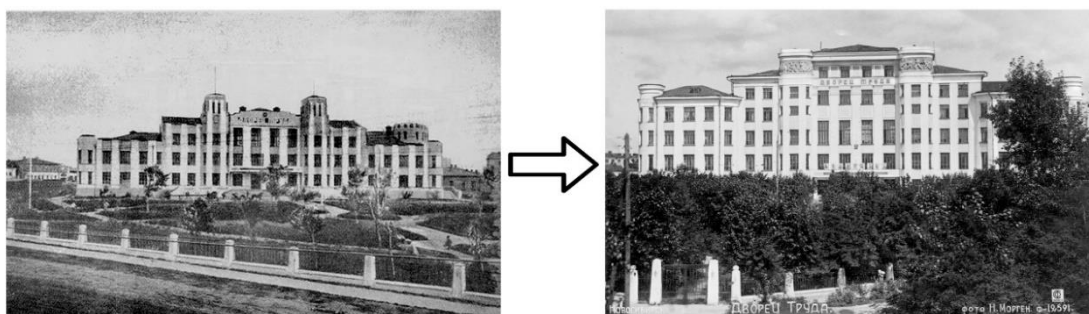


Рис. 3. Трансформация Дворца труда: слева – фото 1932 года до реконструкции, справа – почтовая карточка 1938 года после реконструкции

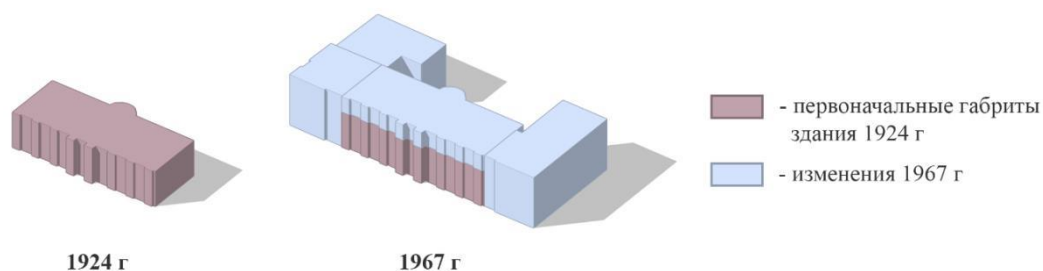


Рис. 4. Модель пространственной трансформации здания «Сибдальгосторга»

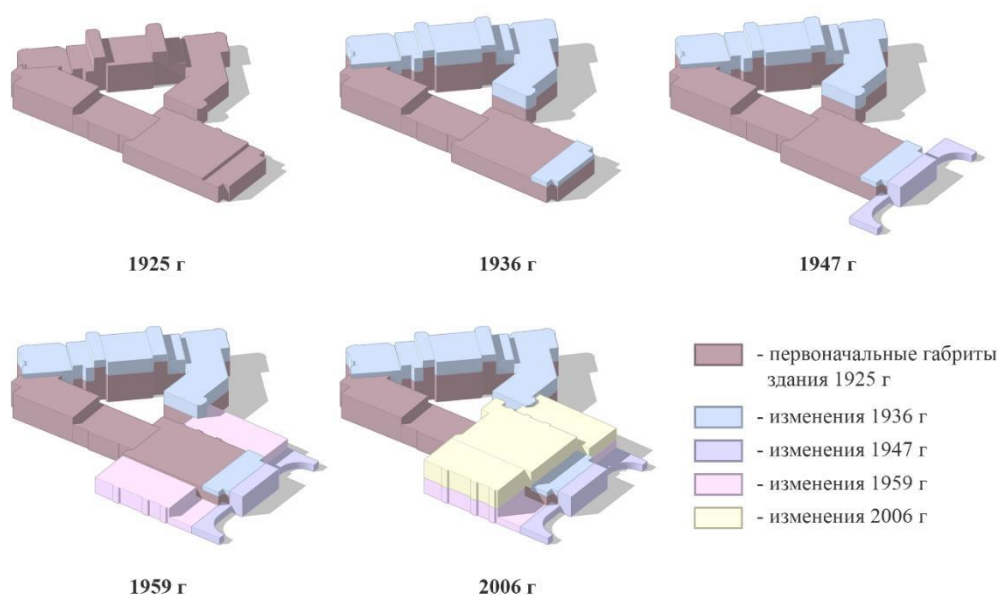


Рис. 5. Модель объемно-пространственной трансформации комплекса Дворец труда

3). Кинотеатр «Пролеткино» («Победа») в составе комплекса «Дворец Труда» (ОКН регионального значения; ул. Ленина, 7). Здание кинотеатра меняло свой облик несколько раз. Оно было построено в составе комплекса новосибирского «Дворца Труда» (в то время он назывался «Пролеткино») в стилистике символического романтизма с ярко выраженной трехчастной структурой главного фасада (рис. 6).

В 1936 г. здание было реконструировано архитектором В. С. Масленниковым и обрело новое название «Октябрь». Оно стало более массивным благодаря надстроенному аттику. В период Великой Отечественной войны здание адаптировали под цеха завода оборонной промышленности, эвакуированного в Новосибирск.

В 1947 г. кинотеатр в очередной раз реконструируют: происходит трансформация в неоклассицизм (в образе появляются восьмиколонный портик и две полуциркульные аркады) [4]. Возобновившему работу кинотеатру присвоили название «Победа».

К 1959 г. была выполнена пристройка широкоэкрannого кинотеатра к существующему зданию, без какого-либо изменения композиции главного фасада [6]. В 2000 году здание получило статус объекта культурного наследия регионального значения, что означает обеспечение сохранности историко-культурной ценности здания и поддержание состояния описанных предметов охраны [4]. С 2002 по 2006 гг. проводилась масштабная реставрация здания, в результате которой здание расширилось до 5 залов и приобрело современную надстройку. Фактически, здание, пройдя через историю, совершенно изменило внешний облик, и от фасадов 1925 года в настоящем ничего не осталось.

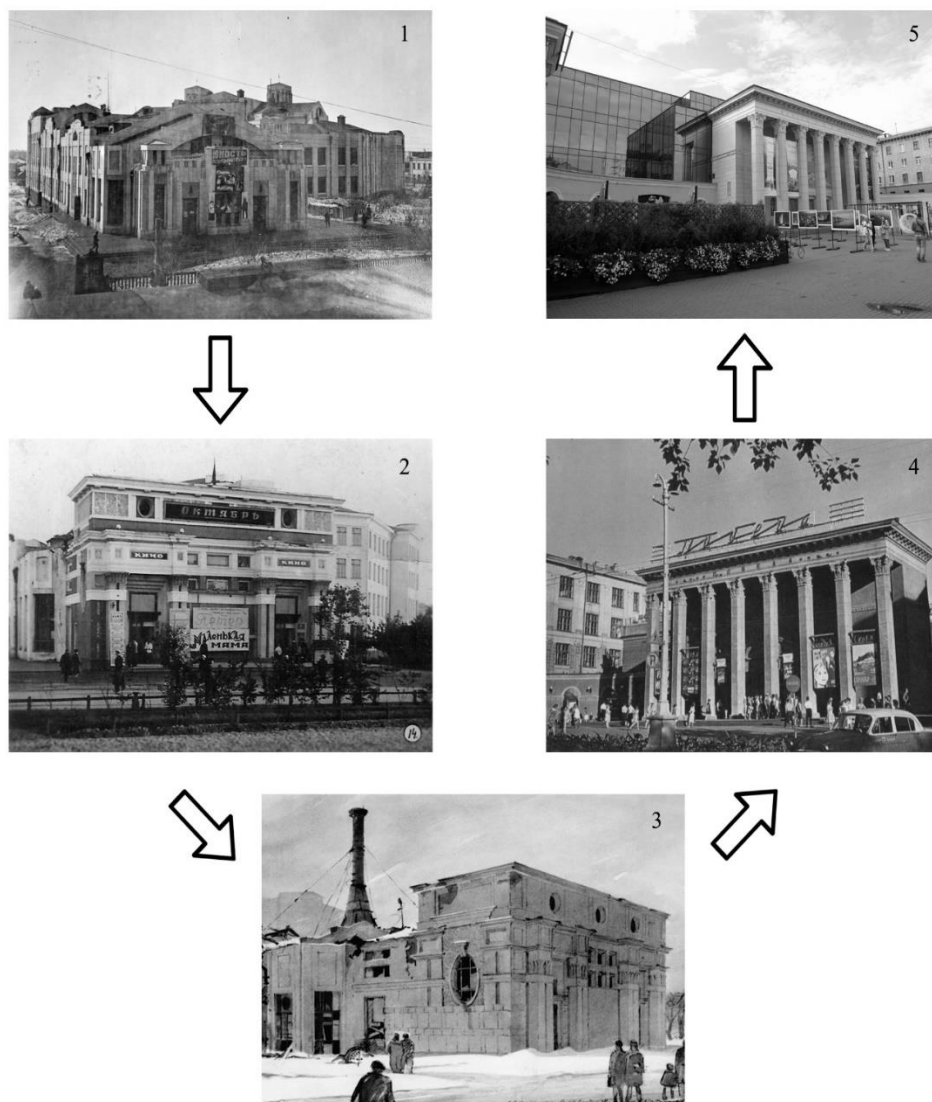


Рис. 6. Трансформация кинотеатра «Пролеткино» («Победа»): фото 1 – 1935 г, фото 2 – 1936 г, фото 3 – акварель В. А. Касаткина 1946 г, фото 4 – 1960-е гг., фото 5 – 2010-е гг.

Таким образом, мы выделили 7 обобщенных этапов стилистической трансформации архитектуры в истории центра Новосибирска, из них самым активным периодом трансформации был переход от первой пятилетки (конструктивизм) ко второй и третьей пятилеткам (неоклассическому стилю).



Было определено 3 основных типа стилистических трансформации зданий, характерных для Новосибирска: сохранившие изначальный стиль, совместившие разные стили и изменившие стиль.

Историческая и культурная ценность таких зданий при этом становится шире, чем их состояние, зафиксированное на последнем этапе трансформации и внесенное в предмет охраны ОКН. Реконструированные здания имеют ценность как свидетели смены архитектурных парадигм, активного городского развития. Статус ОКН у ряда реконструированных зданий обозначает, что изменяемость архитектуры центра является атрибутивным свойством архитектуры Новосибирска.

Изменчивость и стилистическая подвижность архитектурной среды центра Новосибирска отличается от исторических городов и требует специфических методов работы с ее сохранением и развитием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баландин, С. Н. Новосибирск : история градостроительства 1893-1945 гг. / С. Н. Баландин. – Новосибирск : Западно-Сибирское книжное издательство, 1978. – 135 с. : ил. – Текст : непосредственный.
2. Журин, Н. П. Стилистика ар-деко в архитектуре Новосибирска - до и после конструктивизма / Н. П. Журин. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 6 (59). – С. 65–72.
3. Прудникова, Т. Ю. Соцреализм в архитектуре как феномен культуры начала 1950-х годов / Т. Ю. Прудникова. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусств. – 2014. – № 3 (20). – С. 115–122.
4. Памятники истории, архитектуры и монументального искусства Новосибирской области : каталог. Книга 1. Город Новосибирск (памятники, состоящие на государственной охране) / Управление по государственной охране объектов культурного наследия Новосибирской области ; Научно-производственный центр по сохранению историко-культурного наследия Новосибирской области. – Новосибирск, 2011. – 278 с. – Текст : непосредственный.
5. Авксентьева, Т. В. Реализмы на все времена / Т. В. Авксентьева, С. А. Волосатова. – Текст : непосредственный // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 4 (42). – С. 77–84.
6. Баландин, С. Н. Новосибирск. История градостроительства 1945–1985 гг. / С. Н. Баландин. – Новосибирск : Новосибирское книжное издательство, 1986. – 155 с. – Текст : непосредственный.
7. 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 (47). – С. 54–62.

KISELNIKOVA Darya Yusufovna, candidate of architecture, chief project architect¹; KOLESNIKOVA Elizaveta Dmitrievna, student²; RAGINO Georgiy Yanovich, associate professor of the chair of architecture², restoration architect³

STYLISTIC TRANSFORMATION OF HISTORICAL BUILDINGS IN THE CITY CENTER OF NOVOSIBIRSK

¹LLC "Format Project"

64, Maxim Gorky St., Novosibirsk, 630099, Russia.

Tel.: (383) 347-85-05; e-mail: work@formatop.ru

²Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

38, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630099, Russia.

Tel.: (383) 209-17-50; e-mail: priem_rekt@nsuada.ru

³LLC "Toskin Architectural Workshop"

9, Ivana Turusova St., Biysk, 659300, Altai Krai, Russia.

Tel.: (3854) 32-80-62; e-mail: amt_nsk@mail.ru

Key words: architectural style, reconstruction, cultural heritage site, stylistic transformation.

The article considers the main historical stages of architectural styles in the development of Novosibirsk and their impact on the change of style during reconstruction. The types of stylistic transformation are highlighted, which are considered on the examples of historical buildings in the center of Novosibirsk.

REFERENCES

1. Balandin S. N. Novosibirsk : istoriya gradostroitelstva 1893-1945 gg. [Novosibirsk: History of Urban Planning 1893-1945]. Novosibirsk, Zapadno-Sibirskoe knizhnoe izdatelstvo, 1978, 135 p.

2. Zhurin N. P. Stilistika ar-deko v arkhitekture Novosibirska - do i posle konstruktivizma [Art Deco Stylistics in the Architecture of Novosibirsk - Before and After Constructivism]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Journal of Construction and Architecture]. 2016, № 6 (59), P. 65–72.

3. Prudnikova T. Yu. Sotsrealizm v arkhitekture kak fenomen kultury nachala 1950-kh godov [Social Realism in Architecture as a Cultural Phenomenon of the Early 1950s]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta kultury i iskusstv [Bulletin of the Saint Petersburg State University of Culture and Arts]. 2014, № 3 (20), P. 115–122.

4. Pamyatniki istorii, arkhitektury i monumental'nogo iskusstva Novosibirskoy oblasti : katalog. Kniga 1. Gorod Novosibirsk (pamyatniki, sostoyaschie na gosudarstvennoy okhrane) [Monuments of History, Architecture and Monumental Art of the Novosibirsk Region: Catalog. Book 1. City of Novosibirsk (monuments under state protection)]. Upravlenie po gosudarstvennoy okhrane obektov kulturnogo naslediya Novosibirskoy oblasti; Nauchno-proizvodstvennyy centr po sokhraneniyu istoriko-kulturnogo naslediya Novosibirskoy oblasti. Novosibirsk, 2011, 278 p.

5. Avksenteva T. V., Volosatova S. A. Realizmy na vse vremena [Realisms for All Times]. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering]. 2017, № 4 (42), P. 77–84.

6. Balandin S. N. Novosibirsk. Istoriya gradostroitelstva 1945–1985 gg. [Novosibirsk. History of Urban Planning 1945–1985]. Novosibirsk, Novosibirskoe knizhnoe izdatelstvo, 1986, 155 p.

7. Akhmedova E. A., Kuznetsov I. I. Printsipy sokhraneniya istoriko-kulturnoy mnogosloynosti obshchestvennykh prostranstv: dialog vremen [Principles of preserving the historical and cultural multilayered nature of public spaces: a dialogue of times]. Gradostroitelstvo i arkhitektura [Urban construction and architecture]. 2022, Vol. 12, № 2 (47), P. 54–62.

© Д. Ю. Кисельникова, Е. Д. Колесникова, Г. Я. Рагино, 2025

Получено: 06.11.2024 г.

УДК 72.013

Г. В. ОКЕАНОВ, канд. архитектуры, гл. специалист

К ВОПРОСУ ОБ АРХИТЕКТУРНОЙ ТИПОЛОГИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений – ЦНИИПромзданий».

Россия, 127238, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 46, корп. 2.

Тел.: +7 (495) 482-45-06; эл. почта: snipz@snipz.ru

Ключевые слова: общественное пространство, архитектурная типология, пешеходная зона, пространственная организация.

В статье проясняются ключевые вопросы архитектурной типологии общественного пространства (ОП), уточняются его характерные признаки. Общественное пространство рассматривается в контексте системы взаимосвязанных городских пространств, для исследования их взаимосвязей. Выявляются рациональные пропорции и оптимальные габариты ОП. Обосновывается применение установленных маркеров планировочной структуры для его параметрического моделирования. Предлагается нормативное определение ОП.

Понятие об общественном пространстве (ОП) присутствует в архитектурном дискурсе и гражданской полемике, не имея соответствующего нормативного определения. Данная статья предполагает прояснить общее представление об ОП, его существенных признаках, типологических связях и отношениях; предложить определение, основанное на терминологии действующих нормативно-правовых актов и документов в области стандартизации.

В документах Программы ООН по содействию устойчивому развитию населенных пунктов (*UN Habitat*) указано, что качество ОП, как результат синтеза архитектуры зданий, развитой инфраструктуры и градостроительного планирования, оказывает принципиальное влияние на условия жизни населения. Обзор документа позволяет выделить ряд обстоятельств, необходимых для формирования ОП: существенное историческое, культурное или композиционно-планировочное значение объектов или территории; коллективное пользование; общественные приоритеты; социальная активность населения; развитая инфраструктура и благоустройство [1]. Обобщая, можно заключить, что ОП является общественным достоянием, и имеет целью общественное благо [2]. Следует отметить, что зарубежные публикации, в целом, не конкретизируют понятие ОП, не проясняют его морфологию.

В России и за рубежом сложился консенсус по расположению ОП в пределах пешеходных зон [3], на территориях общего пользования, следованию концепции устойчивого развития в архитектуре, определяющей благоприятные условия и безопасность жизнедеятельности человека [4].

Представление ОП сложным составным объектом, включающим элементы улично-дорожной сети: площади, улицы, скверы, бульвары [5], приводила к неоднозначному пониманию требований градостроительного проектирования [6]. Скорее, пешеходные зоны на территориях общего пользования, сформированные



на основе улично-дорожной сети, следует рассматривать как систему общегородских и специфических ОП, с развитыми связями.

Анализ позволяет сделать вывод о существенном влиянии ОП на формирование городской среды и целесообразности введения соответствующей архитектурной типологии для обеспечения комплексного развития территорий, территориального планирования, формирования архитектуры гражданских зданий. В основу типологии должна быть положена доминирующая функция ОП, определяющая характер поведения людей в его пределах.

Советский теоретик и градостроитель Л. А. Ильин рассматривает город как систему взаимосвязанных пространств площадей, улиц и т.п., которую нельзя охватить взглядом. ОП следует принять как частное, в городском окружении, организованное средствами архитектуры и обладающее свойствами целостности и завершенности, в силу его обозреваемости, т.е. возможности мгновенного восприятия сцены целиком, распознавая разрозненные признаки обособленных объектов и синтезируя совершенный образ [7, 8].

Размер ОП имеет принципиальное значение. Следуя мысли Р. Колхаса, избыточное пространство теряет восприимчивость к средствам архитектурной композиции, распадаясь на обособленные, но взаимосвязанные части. При увеличении дистанции теряется связь периферии с центром, границы пространства размываются, утрачиваются его архитектурная форма и функциональная целесообразность как идентификационные признаки [9]. Целостность восприятия и завершенность требуют рациональной организации ОП, где наблюдатель может судить о масштабе, пропорциях, архитектурной композиции.

Доминирующая функция ОП определяет его классификацию. А. Л. Гельфонд классифицирует ОП соответственно типологии формирующих его общественных зданий, сохраняя оппозицию в отношении зданий жилых и производственных [10]. Распространение многофункциональных зданий с ОП, расположенным на прилегающей территории или внутри нее [11], позволяет говорить о возможности назначения доминирующей функции ОП, обеспеченной планировочными решениями и благоустройством, исходя из актуальных потребностей. Ситуационными факторами архитектурного формирования ОП служат обстоятельства места: достопримечательности, здания, объекты, коммуникации и ландшафты, приведенные в Квебекской декларации ИКОМОС (*ICOMOS*), определяющие его своеобразие [12].

Г. В. Есаулов утверждает, что в симбиозе материальных и нематериальных факторов именно архитектура обеспечивает идентичность и идентификацию места [13]. В данном контексте идентичность следует понимать как тождество искусственно сформированной среды обстоятельствам места. В то же время, М. В. Дудев отмечает приоритет жизнеутверждающих природных факторов, позволяющих рассматривать ОП как сцену для наблюдения «театра стихии» [14]. Очевидно, особенности пространственной организации, определяющие системные проявления социальной активности людей, будут служить критериями идентификации. Следовательно, идентичность ОП определяется обстоятельствами места как условием тождества самому себе.

Проведенные ранее исследования выявили критерии пространственной организации ОП: ясные проницаемые границы, рациональная система путей движения пешеходов, функциональное зонирование территории [15]. Если пути и

границы определяются линиями в процессе территориального планирования, то функциональные зоны обозначаются поверхностями участков, обладающих собственными границами и связями – локальными путями сообщения. Структура линий ОП соответствует обстоятельствам места: очертаниям территории общего пользования, элементам улично-дорожной сети и благоустройства, рельефу и другим особенностям ландшафта. По существу, свойства системы структурных линий являются критериями архитектурного качества ОП, позволяют выявлять композиционные закономерности.

Рассуждая о границах ОП, следует принимать во внимание положение о публичном характере деятельности находящихся в нем людей, что предполагает визуальный контакт и возможность взаимодействия. Открытое для восприятия зрительного и на слух, ОП представляется одновременно сценой и аудиторией, а течение городской жизни в его пределах – сценическим действием, общедоступным зрелищем [16]. Исходя из сказанного, представляется целесообразным использовать некоторые закономерности пространственной организации, присущие театрально-зрелищным зданиям и сооружениям.

Антрополог Э. Холл, исследуя поведение человека в процессе общения, установил, что зрительный контакт необходим для общения людей на расстоянии [17]. Понимание сути происходящего и социальная вовлеченность необходимы для состояния психологического комфорта и безопасности человека в ОП, что обеспечивается возможностью наблюдать за событиями вокруг и понимать мизансцену происходящего. Визуальное распознавание позы и жеста человека в ОП обусловлены дистанцией ясного видения частей тела и траекторий его движения и может быть предопределено по методике определения предельных параметров спортивных арен.

Согласно результатам проведенных ранее исследований, габарит ОП, обоснованный требованием ясной видимости событий и обозреваемости спортивных арен, установлен в пределах 125–190 м [18]. Приведенные параметры коррелируются со сведениями Г. Б. Бархина о параметрах комфорта исторических зрелищных зданий и сооружений, позволяющих судить о мимике и жестах артистов, согласно которым удаление наблюдателя от сцены достигает 75 м, к которым следует добавить 20 м глубины сценического пространства [19]. Укрупненным планировочным модулем ОП целесообразно признать величину 120 м [20].

Для качественного описания поверхностей ОП необходимо определение пропорций составляющих их частей, в первую очередь, габаритов. Не имея постоянной возможности задавать точные численные соотношения, следует апеллировать к устоявшимся гармоническим стереотипам. Историк архитектуры Н. И. Брунов ссылается на гипотезу Золотого сечения А. Цейзинга, как канон совершенной формы [21]. Вне зависимости от последующей критики гипотезы, в отношении математической точности, вполне возможно принять ее как гармоническую закономерность формирования зрительно воспринимаемой архитектурной формы ОП, на основании суждений авторитетов в области теории архитектуры, в частности, И. В. Жолтовского, Д. Хэмбиджа, Э. Мёсселя и устоявшегося общественного мнения.

Соотношение габаритов и частных размеров ОП в пропорции Золотого сечения определим граничным условием компактной формы, несколько расширяя определение акад. РААСН Г. В. Мазева для городского пространства, но сохраняя



тот же топологический тип [22]. Компактная форма обеспечивает лучшую потенциальную связанность зон ОП, благодаря практически одинаковой эффективности перемещений во взаимно перпендикулярных и промежуточных направлениях, в то время как линейная форма определяет приоритет продольного движения.

Трехмерность ОП задана рельефом, а также вертикалями граничных поверхностей фасадов зданий и интегрированных элементов благоустройства, которые следует принять архитектурными телами, обладающими собственной логикой формообразования. Следуя логике Р. Колхаса, об окружении полых архитектурных тел, ОП приобретает пластические свойства межевого пространства, материала для параметрического преобразования [23].

Трехмерность ОП позволяет использовать композиционные приемы формирования, характерные для общественных зданий: модульную интеграцию, разноуровневые связи, динамические элементы, обеспечивающие пространственную адаптацию. Опыт экспериментального проектирования показал возможность размещения системы ОП, объединенных вертикальными коммуникациями, на разных этажах здания, для защиты от воздействия агрессивных климатических факторов [15]. Внедрение ОП, обладающего выраженной доминирующей функцией, преобразует здание в многофункциональное, с установлением соответствующих требований. Три измерения и габарит, соотносимый с размерностью общественных и многофункциональных зданий, позволяют говорить, при необходимости, о целесообразности объемно-планировочного решения ОП [24].

Общедоступность ОП определяется условиями постоянного визуального контакта и непрерывного функционального взаимодействия с городской средой, что предполагает проницаемые для взгляда границы пешеходной коммуникации и обеспечения работы коммунальных служб. Человек пересекает границы ОП, двигаясь по различным путям, непосредственно по ландшафту, выходя или заходя в здания или сооружения; соответственно, он наблюдает смежные пространства через видовые раскрытия путей – дорог, прозрачные конструкции фасадов зданий, – поверх благоустроенного ландшафта. В любом случае, пересечения границы в точках перехода являются факторами внешних связей, определяющих основу собственной структуры ОП, и служит, согласно Д. Фраю, целью пути при движении, как снаружи, так и внутри. Точки перехода делают границу проницаемой [25].

Для ОП дилемма определения архитектуры, как искусства наделения формой материальных масс или организации полого пространства, решается в пользу последнего варианта. По Е. Г. Лапшиной, основная характеристика пространства – его объем, а структура определяется связями и отношениями между архитектурными телами и смежными пространствами [26]. Чтобы избежать некорректных аналогий, архитектурные тела, суть здания и сооружения, окружающие ОП, удобно представлять как пространства, ограниченные материальными поверхностями. Пластические свойства пространства внутри полых архитектурных тел позволяют выстраивать сложные иерархизированные системы, посредством установления связей.

Межпространственная связь обладает потенциалом движения. Траектория движения определяет характер восприятия ограничивающих поверхностей в отношении ОП. Поверхность может остановить движение, изменить траекторию

или не препятствовать ему, пропуская насквозь. В последнем случае движение продолжается внутри полого тела, в смежном пространстве. Обобщающее понятие полого тела, введенное Р. Колхасом, позволяет не принимать во внимание объемно-планировочное решение ассоциируемых с ним зданий и сооружений, ограничиваясь его феноменологической концепцией [27].

К. Линч рассматривал целостную городскую среду как совокупность элементов, являющихся самодостаточными произведениями архитектуры, образующих строгие и простые иерархические системы. Ясные границы являются одним из его постулатов, определяющих восприятие городского пространства, способствующих формированию четкого мысленного образа, определяющего идентификацию места, и являющегося его неизменным атрибутом [28]. Определяя место и качество связей в точках перехода границ, мы задаем условия формирования внутренней структуры ОП, признавая инвариантность воздействия внешних факторов, в первую очередь, пешеходных потоков, организованных посредством формообразующих элементов пространства, или архитектурных тел, расположенных вне его.

Признавая пространство универсальной категорией, уместно предположить возможность его масштабирования, с сохранением его топологических свойств. По теории К. Норберг-Шульца, маркерами пространственной организации служат узлы, пути и зоны, характеризующие структуру. Собственный опыт показывает допустимость применения маркеров при структурном анализе ОП, по аналогии, в меньшем масштабе [29]. Однако, исходя из условия обозреваемости ОП, обоснованного выше, а также приоритета общегородской иерархии над иерархией места, обратное масштабирование невозможно.

При достижении рациональных габаритов ОП демонстрирует собственную иерархию автономных пространств функциональных зон, сохраняющих связи, признаки подобия и соразмерности форм, или распадется. При этом, возникают проблемы сохранения архитектурного качества автономных пространств, в зависимости от степени возобладания холистического принципа несводимости целого к сумме его частей, их композиционной и функциональной связанности. Планировочными методами необходимо решить задачи формирования общего композиционного центра, гармонизации с архитектурой зданий образующей застройки, сохранения и выявления доминирующей функции ОП.

Заданная размерность ОП соответствует масштабу исторического европейского города, а визуально воспринимаемый целостный фрагмент городского пространства, организованного многообразием застройки и благоустройства, должен обладать собственной идентичностью, воплощающей принцип устойчивого развития в архитектуре. Обретение неповторимости и своеобразия не сводится к структурной, композиционной организации и благоустройству, а коррелирует с общекультурным контекстом, и привносит задачи сохранения духа места.

Выводы. Задача данного исследования заключается в позиционировании ОП как самостоятельной архитектурной типологии. Традиционное видение ОП, как общегородского, сложносоставного, теряет актуальность под натиском многочисленных модернистских концепций. Архитекторам-практикам необходимо конкретизировать как само понятие, так и феноменологические и морфологические аспекты ОП, предоставляя возможность определять его



качественные и количественные параметры на основе универсальных критериев, пригодных для оценки и классических, и современных пространств.

Представление об ОП как обособленном элементе городской среды, интегрированной в общее пространство посредством функциональных связей, позволяет рассматривать его в контексте фундаментальных категорий единства и целостности, что достигается установлением гармоничных соотношений между главными, второстепенными и сопутствующими частями. В качестве исходного положения, предлагается ограничить ОП в пределах ясной видимости и апеллировать к пропорциям золотого сечения, чтобы определить его оптимальный формат. Пропорции ОП следует рассматривать как основу архитектурной концепции.

Задача определения ясных проницаемых границ ОП решается посредством граничных поверхностей окружающей застройки, материальных и мнимых, контрастно выделяющих его объем. Поверхности принадлежат зданиям и сооружениям, которые следует определить архитектурными телами, если для нашей задачи существенное значение имеет их внутреннее пространство безотносительно к конструктивному и объемно-планировочному решениям. Это пространство будет смежным по отношению к нашему предмету. Таким образом, можно рассматривать систему пространств во взаимодействии, определяя факторы взаимного влияния, которые будут внешними, по отношению к ОП.

Проницаемые границы предполагают функциональное взаимодействие и визуальный контакт ОП со смежными, обеспечивая межпространственные связи, обусловленные внешними факторами и обстоятельствами места, определяющими его идентификацию. Пешеходные потоки, основной фактор, формируют внутреннюю структуру транзитных коммуникаций, дополненную системой местных путей, осуществляющую непосредственную связь функциональных зон ОП, маркерами которой служат точки перехода на границах, траектории путей и их пересечения. Система маркеров позволяет установить параметрические зависимости линейных планировочных структур и использовать технологию морфинга для пространственного моделирования [30].

Существо территориального планирования ОП составляют: границы, межпространственные связи, структура пешеходных коммуникаций, функциональное зонирование, с выделением доминирующей функции. Окружающая застройка и ландшафт определяют обстоятельства места, пространственную ориентацию, оказывают формообразующее воздействие. Архитектурное формирование ОП обеспечивается благоустройством территории и адаптацией окружающей застройки для развития межпространственных связей, выявления достопримечательностей и других точек интереса для публики. Такой подход позволяет, при разработке программ комплексного развития территорий, перенести акцент с задач объемного проектирования на пространственную организацию.

В результате проведенного исследования, предложено следующее определение, адаптированное в результате коллективного обсуждения: «общественное пространство: функционально организованная и благоустроенная пешеходная зона на территории общего пользования, предназначенная для движения, досуга, массовых мероприятий, других форм публичной деятельности людей, в безопасных и благоприятных условиях». Основные положения статьи



послужили основой рекомендаций ЦНИИПромзданий по актуализации СП 82.13330 «Благоустройство территорий».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The Global Toolkit on Public Space. UN-Habitat, 2014. – URL: https://www.academia.edu/11248813/The_Global_Toolkit_on_Public_Space_UN_Habitat_2014_ (дата обращения: 10.11.1024). – Текст : электронный.
2. Политика : толковый словарь / Д. Андерхилл, С. Барретт, П. Бернелл [и др.] ; перевод И. П. Бабкин [и др.] ; под редакцией А. Маклина. – Москва : Инфра-М, 2001. – 761 с. – ISBN 5-16-000735-0. – Текст : непосредственный.
3. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. N 1034/пр : актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* : дата введения 1 июля 2017 г. – Москва : Минстрой России, 2016. – 94с. – Текст : непосредственный.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации с изменениями и дополнениями на 1 февраля 2024 года. – Москва : Эксмо, 2024. – 384с. – ISBN: 978-5-04-195835-0. – Текст : непосредственный.
5. Закон города Москвы от 27.04. 2005 г № 14 «О Генеральном плане города Москвы (основные направления градостроительного развития города Москвы)». – Текст : непосредственный // Вестник мэра и правительства Москвы. – 2005. – Июнь, № 32.
6. СП 396.1325800.2018. Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 1 августа 2018 г. N 474/пр : дата введения 2 февраля 2019 г. : [редакция от 27.12.2021]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/17951/> (дата обращения: 10.11.1024). – Текст : электронный.
7. Ильин, Л. А. Ансамбль в архитектуре города / Л. А. Ильин. – Текст : электронный // Архитектура СССР. – 1935. – № 5. – С. 41–50. – URL: <https://theory.totalarch.com/node/160> (дата обращения: 10.11.1024).
8. Уточкин, И. С. Мгновенное восприятие естественных сцен и объектов / В. Ф. Спиридонов, И. С. Уточкин [и др.]. – Текст : непосредственный // Когнитивная психология: феномены и проблемы. – Москва : Ленанд, 2014. – 264с.
9. Колхас, Р. Гигантизм, или проблема большого. Мусорное пространство / Р. Колхас. – Москва : Арт Гид, 2015. – 84 с. – ISBN 978-5-9905612-1-2. – Текст : непосредственный.
10. Гельфонд, А. Л. Общественное здание и общественное пространство. Дуализм отношений / А. Л. Гельфонд. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 5. – С. 19-33.
11. Океанов, Г. В. Общественное пространство, интегрированное в многофункциональное здание / Д. К. Лейкина, Г. В. Океанов, С. Р. Мамедова. – Текст : электронный // Промышленное и гражданское строительство. – 2024. – № 6. – С. 21-26. – doi 10.33622/0869-7019.06.21-26.
12. Quebec declaration on the preservation of the spirit of place. – ICOMOS, 2008. – 4 p. – URL: <https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-646-2.pdf> (дата обращения: 10.11.1024). – Текст : электронный.
13. Есаулов, Г. В. Об идентичности в архитектуре и градостроительстве / Г. В. Есаулов. – Текст : электронный // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 4. – С. 12–18. – URL: <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2018-4-12-18> (дата обращения: 10.11.1024).



14. Дущев, М. В. Архитектурная среда Нижнего Новгорода – диалоги с идентичностью. Часть 1. Теоретические аспекты / М. В. Дущев. – Текст : электронный // Приволжский научный журнал. – 2023. – № 1. – С. 181–186. – URL: <https://pnj.nngasu.ru/word/articles/1-2023/26.pdf> (дата обращения: 10.11.1024).
15. Океанов, Г. В. Идентификация общественного пространства / Г. В. Океанов. – Текст : электронный // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 4. – С. 103–112. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-4-103-112.
16. Волчок, Ю. П. Городской амфитеатр в Москве в эпоху Н. М. Карамзина / Ю. П. Волчок. – Текст : электронный // Художественная культура. – 2020. – № 1 (32). – С. 127–142. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskoy-amfiteatr-v-moskve-v-epohu-n-m-karamzina-o-vozmozhnosti-slozheniya-istoriologicheskoy-traditsii-v-istorii-otechestvennoy/viewer> (дата обращения: 10.11.1024).
17. Hall, E. The Hidden Dimension / E. Hall. – NY : Anchor books, 1990. – 256 p.
18. Океанов, Г. В. Принципы формирования архитектуры большепролетных светопрозрачных покрытий футбольных стадионов : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Океанов Геннадий Вадимович ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – 225 с. – Текст : непосредственный.
19. Бархин, Б. Г. Архитектура театра / Б. Г. Бархин. – Москва : Издательство Академии Архитектуры СССР, 1947. – 248 с. – Текст : непосредственный.
20. ГОСТ 28984-2011. Модульная координация размеров в строительстве. Основные положения. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095838> (дата обращения: 10.11.1024). – Текст : электронный.
21. Брунов, Н. И. О пропорциях в архитектуре Древней Греции / Н. И. Брунов. – URL: <https://tehne.com/event/arhivsyachina/n-i-brunov-o-proporciyah-v-arhitecture-drevney-grecii-1936> (дата обращения 12.04.24). – Текст : электронный.
22. Мазаев, Г. В. Компактный город – линейный город: единство противоположностей / Г. В. Мазаев. – Текст : электронный // Академический вестник / УралНИИпроект РААСН. – 2023. – № 3. – DOI 10.25628/UNIP.2023.58.3.001 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompaktnyy-gorod-lineynyy-gorod-edinstvo-protivopolozhnostey/viewer> (дата обращения: 10.11.1024).
23. Koolhaas, R. Delirious New-York / R. Koolhaas. – New York : Monacelli Press, 1994. – 317 p.
24. Дубынин, Н. В. Архитектурно-строительные термины / Н. В. Дубынин. – Текст : электронный // Жилищное и гражданское строительство. – 2007. – № 6. – URL: <https://archi.ru/elpub/91209/arkhitekturno-stroitelnye-terminy> (дата обращения: 10.11.1024).
25. Frey, D. Wesensbestimmung der Architektur / D. Frey // Kunstwissenschaftliche Grundfragen. Prolegomena zur einer Kunstphilosophie. – Darmstadt, 1992. – P. 93–106. – URL: https://art-life.biz/rus/files/kniga_vtoraya_dagobert_fraj.PDF (дата обращения: 10.11.1024).
26. Лапшина, Е. Г. Архитектурное пространство как динамическая система : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры / Лапшина Елена Геннадьевна ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2016. – 56 с. – Текст : непосредственный.
27. Gardiani, R. Rem Koolhaas / OMA : the construction of merveilles / R. Gardiani. – Lausanne, Switzerland : Oxford Routledge, 2008. – 348p. – (Essays in Architecture).
28. Lynch, K. The Image of the City / K. Lynch. – Cambridge (USA) : The MIT Press, 1990. – 194 p.
29. Океанов, Г. В. Архитектурное формирование общественного пространства на примере современных стадионов / Г. В. Океанов. – Текст : непосредственный // Наука, образование и экспериментальное проектирование : труды МАРХИ : материалы

международной научно-практической конференции, 8-12 апреля 2024 г. / Московский архитектурный институт. – Москва : МАРХИ, 2024. – С. 177–181.

30. Океанов, Г. В. Тектоника параметрической поверхности / Д. К. Лейкина, Г. В. Океанов, С. Р. Мамедова. – Текст : электронный // Architecture and Modern Information Technologies. – 2024. – № 3(68). – С. 313-326. – DOI: 10.24412/1998-4839-2024-3-313-326. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2024/3kvart24/PDF/20_lejkina.pdf (дата обращения: 10.11.1024).

OKEANOV Gennadiy Vadimovich, candidate of architecture, chief specialist

ON THE QUESTION OF THE ARCHITECTURAL TYPOLOGY OF PUBLIC SPACE

JSC "Central Research and Development Institute of Industrial Buildings and Structures"

46, Dmitrovskoe shosse, corp.2, Moscow, 127238, Russia.

Tel.: +7 (495) 482-45-06; e-mail: cniipz@cniipz.ru

Key words: public space, architectural typology, pedestrian zone, spatial arrangement.

The article clarifies the key issues of the architectural typology of public space (PS), clarifies its characteristic features. Public space is considered in the context of a system of interconnected urban spaces, in order to study their interrelationships. The rational proportions and optimal dimensions of the PS are revealed. The application of the established markers of the planning structure for its parametric modeling is justified. A normative definition of PS is proposed.

REFERENCES

1. The Global Toolkit on Public Space. UN-Habitat, 2014. URL: https://www.academia.edu/11248813/The_Global_Toolkit_on_Public_Space_UN_Habitat_2014_ (accessed: 10.11.1024).
2. Anderxill D., Barrett S., Bernell P. [et al]. Politika [Politics] : tolkovy slovar. Per. Babkin I.P. i dr. Pod red. Maklina A. Moscow, Infra-M, 2001. 761 p.
3. SP 42.13330.2016. Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroika gorodskikh i selskikh poseleniy. [Urban development. Urban and rural planning and development] utverzhden prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 2016 g. N 1034/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIP 2.07.01-89* : data vvedeniya 1 iyulya 2017 g. Moscow, Minstroy Rossii, 2016, 94 p.
4. Gradostroitelny kodeks Rossiyskoy Federatsii s izmeneniyami i dopolneniyami na 1 fevralya 2024 goda. [Urban development code] Moscow, Eksmo, 2024. 384 p.
5. Zakon g. Moskvy ot 27.04. 2005 g № 14 «O Generalnom plane goroda Moskvy (osnovnye napravleniya gradostroitel'nogo razvitiya goroda Moskvy)» [Law of the Moscow City dated 27.04.2005 No. 14 'On the General Plan of the Moscow City (Main Directions of Urban Development of the Moscow City)']. Vestnik mera i pravitelstva Moskvy. Iyun 2005 g., № 32.
6. SP 396.1325800.2018 «Ulicy i dorogi naselennykh punktov. Pravila gradostroitel'nogo proektirovaniya» [Streets and roads of settlements. Regulation of urban planning]: svod pravil : utverzhden prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 1 avgusta 2018 g. N 474/pr : data vvedeniya 2 fevralya 2019 g. : [redaktsiya ot 27.12.2021]. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/17951/> (accessed: 10.11.1024).

7. Iljin L. A. Ansambl v arkhitekture goroda [The ensemble in the architecture of the city] *Arkhitectura SSSR [Architecture of the USSR]*. 1935, № 5, P. 41-50. URL: <https://theory.totalarch.com/node/160> (accessed: 10.11.2024).
8. Utochkin I. S., Spiridonov V. F. [et al.]. Mgnovennoe vospriyatie estestvennykh stsen i obektov [Instant perception of natural scenes and objects]. *Kognitivnaya psikhologiya: fenomeny i problemy [Cognitive psychology: phenomena and problems]*. Moscow, Lenand, 2014, 264 p.
9. Koolhaas R. Gigantizm, ili problema bolshogo. Musornoe prostranstvo [Bigness or the Problem of Large. Junkspace]. Moscow, Art Gid, 2015, 84 p., ISBN 978-5-9905612-1-2.
10. Gelfond A. L. Obshchestvennoe zdanie i obshchestvennoe prostranstvo. Dualizm otnosheniy [Public building and public space. Dualism of relations]. *Academia. Arkhitectura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]*, 2015, № 5, P. 19-33.
11. Okeanov G. V., Leykina D. K., Mamedova S. R. Obshchestvennoe prostranstvo, integrirovannoe v mnogofunktsionalnoe zdanie [Public space integrated into a multifunctional building]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil engineering]*, 2024, № 6, P. 21-26. DOI 10.33622/0869-7019.06.21-26.
12. Quebec declaration on the preservation of the spirit of place. ICOMOS, 2008, 4 p. URL: <https://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-646-2.pdf> (accessed: 10.11.2024).
13. Esaulov G. V. Ob identichnosti v arkhitekture i gradostroitelstve [On identity in architecture and urban planning]. *Academia. Arkhitectura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]*, 2018, № 4, P. 12–18. URL: <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2018-4-12-18> (accessed: 10.11.2024).
14. Dutsev M. V. Arkhitekturnaya sreda Nizhnego Novgoroda – dialogi s identichnostyu. Chast 1. Teoreticheskie aspekty [Architectural environment of Nizhny Novgorod - dialogues with identity. Part 1. Theoretical aspects]. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]*. 2023, № 1, P. 181–186. URL: <https://pnj.nngasu.ru/word/articles/1-2023/26.pdf> (accessed: 10.11.2024).
15. Okeanov G. V. Identifikatsiya obshchestvennogo prostranstva [Identification of public space]. *Academia. Arkhitectura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]*, 2024, № 4, P. 103-112. DOI: 10.22337/2077-9038-2024-4-103-112.
16. Volchok Yu. P. Gorodskoy amfiteatr v Moskve v epokhu N. M. Karamzina [City Amphitheater in Moscow in the Era of N. M. Karamzin]. *Khudozhestvennaya kultura [Art culture]*, 2020, № 1 (32), P. 127–142. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskoy-amfiteatr-v-moskve-v-epokhu-n-m-karamzina-o-vozmozhnosti-slozheniya-istoriologicheskoy-traditsii-v-istorii-otechestvennoy/viewer> (accessed: 10.11.2024).
17. Hall E. The Hidden Dimension. NY, Anchor books, 1990, 256 p.
18. Okeanov G. V. Printsipy formirovaniya arkhitektury bolsheproletnykh svetoprozrachnykh pokrytiy futbolnykh stadionov [Principles of forming the architecture of long-span translucent coverings of football stadiums]: diss. ... kand. arkhitektury. Nizhny Novgorod, 2023, 225 p.
19. Barkhin B. G. Arkhitectura teatra [Architecture of the theatre]. Moscow, Izdatelstvo Akademii Arkhitektury SSSR, 1947, 248 p.
20. GOST 28984-2011. Modulnaya koordinatsiya razmerov v stroitelstve. Osnovnye polozheniya [Modular coordination of dimensions in construction. Basic provisions]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095838> (accessed: 10.11.2024).
21. Brunov N. I. O Proportsiyakh v arkhitekture Drevney Gretsii [On Proportions in the Architecture of Ancient Greece]. URL: <https://tehne.com/event/arhivsyachina/n-i-brunov-o-proporciyah-v-arhitekture-drevney-grecii-1936> (accessed 12.04.24).
22. Mazaev G. V. Kompaktnyy gorod – lineynyy gorod: edinstvo protivopozlozhnostey [Compact city - linear city: unity of opposites]. *Akademicheskyy vestnik / UralNIiproekt RAASN [Academic Bulletin/UralNIiproekt RAACS]*, 2023, № 3. DOI



- 10.25628/UNIIP.2023.58.3.001 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompaktnyy-gorod-lineynyy-gorod-edinstvo-protivopozhnostey/viewer> (accessed: 10.11.2024).
23. Koolhaas, R. *Delirious New-York*. New York, Monacelli Press, 1994, 317 p.
24. Dubynin N. V. Arkhitekturno-stroitelnye terminy [Architectural and construction terms]. *Zilishchnoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Housing and civil engineering], 2007, № 6. URL: <https://archi.ru/elpub/91209/arkhitekturno-stroitelnye-terminy> (accessed: 10.11.2024).
25. Frey D. *Wesensbestimmung der Architektur // Kunstwissenschaftliche Grundfragen. Prolegomena zur einer Kunstphilosophie*. Darmstadt, 1992, P. 93-106. URL: https://art-life.biz/rus/files/kniga_vtoraya_dagobert_fraj.PDF (accessed: 10.11.1024).
26. Lapshina E. G. *Arkhitekturnoe prostranstvo kak dinamicheskaya sistema* [Architectural space as a dynamic system]. *Avtoreferat diss. ... dokt. arkhitektury*. N. Novgorod, 2016, 56p.
27. Gardiani R. *Rem Koolhaas. OMA. The construction of merveilles. (Essays in Architecture)* Oxford Routledge. 2008. 348p.
28. Lynch K. *The Image of the City*. Cambridge (USA) : The MIT Press, 1990. 194p.
29. Okeanov G.V. *Arkhitekturnoe formirovanie obshchestvennogo prostranstva na primere sovremennykh stadionov* [Architectural formation of public space on the example of modern stadiums]. *Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie. Trudy MARHI: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii, 8-12 aprelya 2024 g. / Moskovskiy arkhitekturny institut. Moscow, MARHI, 2024. P. 177-181.*
30. Okeanov G. V. Leykina D. K., Mamedova S. R. *Tektonika parametricheskoy poverkhnosti* [Parametric surface tectonics]. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2024, №3(68), P. 313-326. DOI: 10.24412/1998-4839-2024-3-313-326. URL: https://marhi.ru/AMIT/2024/3kvart24/PDF/20_lejkina.pdf (accessed: 10.11.1024).

© Г. В. Океанов, 2025

Получено: 08.12.2024 г.

**УДК 72.03:903'18+911.37****О. А. УЛЬЧИЦКИЙ, канд. архитектуры, доцент, зав. кафедрой архитектуры и изобразительного искусства****ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ РАССЕЛЕНИЯ: БАЗОВЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОЙ НАУКЕ**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова»

Россия, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38.

Тел.: (3519) 23-83-04; эл. почта: archi-mgtu@mail.ru

Ключевые слова: система расселения, архитектурно-градостроительные концепции, градостроительная система, теория архитектуры, базовые модели.

В статье рассматриваются основные концепции в эволюции систем расселения, принятые в историко-теоретических архитектурно-градостроительных научных исследованиях. В результате проведенного анализа сформировано научное представление о моделях, применимых к системам расселения, что позволило определить базовые теоретические подходы в исследовании их формообразования в историко-архитектурной науке.

Современная наука с конца XIX века начинает заниматься проблемами расселения и формирования целостности обширных территорий. Начиная с 1-й половины XX в. предпринимаются первые попытки классифицировать и изучить древнейшие формы и системы расселения с позиции современных подходов к теории и истории архитектуры и градостроительства.

Процессы, которые позволяют понять принципы и факторы, влияющие на эволюцию систем расселения (далее СР), уходили вглубь истории, начиная еще со времен формирования первых поселений, задолго до периода развития ранних государств.

Стихийный процесс заселения территорий постепенно приобрел упорядоченность, иерархию и системность. Таким образом, формировались первый и последующие формы СР, подчиненные определенным природно-экологическим, социокультурным, экономическим и пр. факторам.

Исследование построено на анализе работ ведущих ученых-теоретиков, чьи труды легли в основу градостроительной науки.

Понятие СР определено «исходным понятием при исследовании расселения методами системного подхода» [1, с. 277]. В данном исследовании мы будем придерживаться геоэкономического определения этого термина в трактовке Э. Б. Алаева, – «группа территориально сближенных и функционально связанных населенных пунктов» [2].

Цель исследования – проанализировать и обобщить основные теоретические модели, связанные с эволюцией СР и градостроительных систем.

На сегодняшний день сформирован ряд теорий, подходов и направлений, позволяющих рассматривать эволюцию СР. Разберем ряд основополагающих теоретических моделей и концепций зарубежных ученых (табл. 1).

Модель центральных мест В. Кристаллера (дополняющие территории в системе центральных мест). «Модель иерархической структуры центральных

мест» [3], которая в дальнейшем использовалась и дополнялась в теории градостроительства как одна из базовых, использованная в ряде разработок с целью установления более строгих закономерностей в СР. Модель прилагалась, в том числе, к древним поселениям Месопотамии, где наметились устойчивые показатели для расстояний между поселениями разного ранга, что было неразрывно связано с транспортными возможностями.

Так, исходя из методики *социоэтнографического* расчета плотности расселения, плотность крупных центров городского типа, особенно со скученной застройкой, дают показатели от 300 до 500 человек на гектар.

Теория «Экономического ландшафта» А. Лёша явилась логическим продолжением модели В. Кристаллера, но максимально приближенная к реальности. А. Лёшем были введены дополнительные факторы, главный из которых – общее для всех населенных пунктов данной территории центральное место: самый крупный и важный город, экономический центр всей системы населенных пунктов [4].

Схема модели расселения по Илларду. Иллард достаточно подробно проработал вариант теории центральных мест, предложенный Кристаллером, а, в дальнейшем, и А. Лёшем, и пришел к выводу о сохранении гексагональной формы дополняющих районов даже в случае возникновения агломерационных эффектов (однако стоит заметить потерю правильности формы и увеличение площади шестигранников по мере удаления от обслуживающего их центрального места того или иного ранга).

Модель образования периодических центральных мест «Модель правильного распределения гнезд» Дж. Кольба. Модель размещения городов, в которой оптимальное размещение населенных пунктов имеет вид «сгустков», или «гнезд»: крупный город занимает центральное положение в СР, вблизи границы его влияния – конуса спроса – располагаются малые города; деревни группируются вокруг малых городов на периферии их зон сбыта [5].

Экистика К. Доксиадиса. Одним из продуктивных результатов в достижении теории формирования и эволюции человеческих поселений можно отметить теорию *экистики*, изучающую способы создания поселений, оптимально обустроенных в смысле планировочной архитектуры. «Предлагая комплексный подход к градостроительству, *экистика*, однако, не принимает во внимание общественно-экономические факторы (например, географию производства), влияющие на расселение людей» [6].

«*Экистикистическая*» модель подразделяет идею эволюции города на 4 этапа: *динаполис* – моноцентрический город; *динаметрополис* – развитие нескольких *динаполисов* в разных направлениях; *динамегалополис* – город-гигант; *ойкуменаполис* – гипотетический всемирный город будущего, совершенная форма расселения людей.

Далее следует ознакомиться с отечественным опытом развития теоретической базы в области изучения процессов формирования СР и градостроительных систем (табл. 2).

Глобальный каркас расселения по О. К. Кудрявцеву. В сущности, модель глобального каркаса расселения или «мирового каркаса» наглядно демонстрирует обобщенное представление о СР человечества в целом [7]. Преимущества данного подхода – наглядность, недостаток – статичность в динамике развития и изменений. В результате в пределах экономически активной территории



выделяются три категории пространств: 1) агломерационные; 2) примагистральные полосовидные; 3) глубинные.

Развитие СР на территории России (по Ерохину). Также немаловажным для развития направления «доистория градостроительства» и исследования СР на территории России является принять во внимание ранее исследованные вопросы основ или истоков градостроительства на территории России [8].

Касательно процесса формирования СР на территории России, автор рассматривает 6 последовательных этапов: 1) II-IX вв. – сформировалась очаговая СР; 2) II-V вв. – расселение представлено городищами (поселения, обнесенные частоколом), имеющими вокруг сельскохозяйственные угодья; 3) VI-IX вв. – происходит выделение городов-центров княжеской власти; 4) X-XII вв. – формируется линейная СР; 5) II-XV вв. – формируется кольцевая (оборонно-стратегическая) СР; 6) V-XIX вв. – звездчатая СР.

Таким образом, Ерохин описывает иерархию развития СР от самых примитивных форм – очаговой СР, которая известна еще с древнейших времен, до концентрического типа СР, формирующегося при условии, когда СР имеет четкие границы, подчиненные административному центру, а также имеет все сопутствующие признаки сформированного государства.

Влияние тенденций расселения на организацию искусственной среды (по Иконникову, Пчельникову) [9]. За основу модели взята марксистская теория человека и расселения людей. В анализе развития тенденций организации искусственной среды Иконников и Пчельников демонстрируют процесс формирования жилой ячейки, от формообразования примитивного жилища до кристаллизации функциональной схемы жилища. Этот процесс эволюции жилой ячейки (если его можно так назвать) представляет собой некое общее представление или интерпретацию накопленных представлений об эволюции жилища и его дальнейшие перспективы в будущем в советской архитектурно-градостроительной практике.

Сетевой поляризованный ландшафт Б. Б. Родмана и Концепция развития опорного каркаса территориальной структуры народного хозяйства Г. М. Лаппо. Поляризованный ландшафт (поляризованная биосфера) (далее – ПЛ) – идеальная территориальная структура культурного ландшафта для гармоничного сосуществования человека и природы; концепция ПЛ как один из подходов функционального зонирования территории была предложена в 1970 г., вводит понятие *эконет* [10].

Модели зон влияния системы городов-центров (по Демину, Костикину, Хаггету и др.) являются прикладными в градостроительной практике, наглядно демонстрирующими попытки привнести расчетные показатели в определение типологий города, изменения структуры городской ткани, определяют «потенциал поля расселения региона», методы определения иерархий центров. Данные модели часто находят применение в геоэкономических исследованиях, результирующей которых является создание «картоидов» рациональной территориальной организации природопользования и определения коэффициентов расчетных показателей планирования территорий.

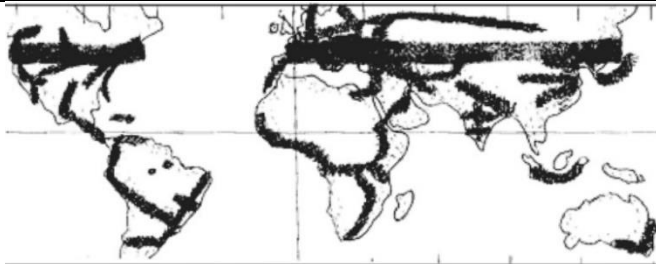
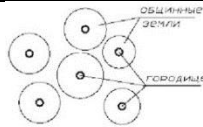
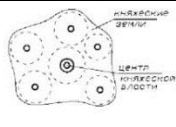


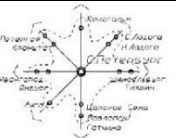
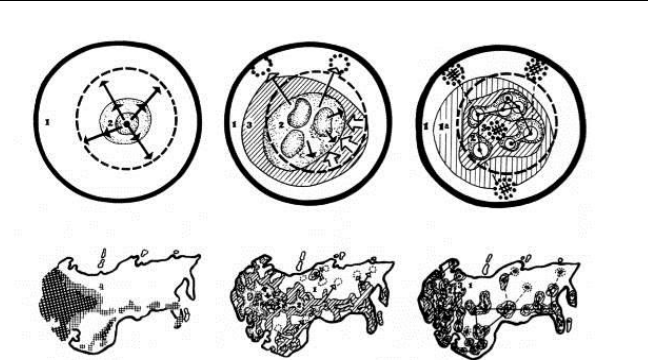
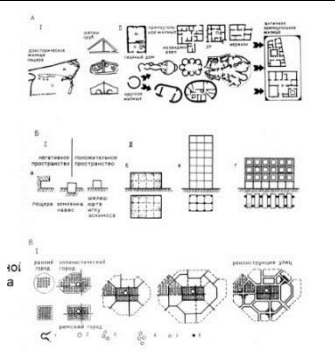
Таблица 1

**Основные модели и схемы в теории СР и градостроительных систем в
экономгеографии (зарубежный опыт исследования)**


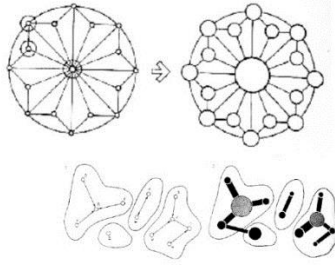
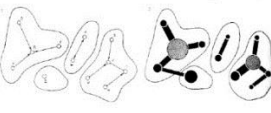
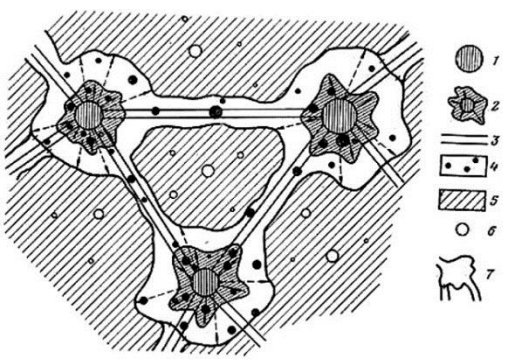
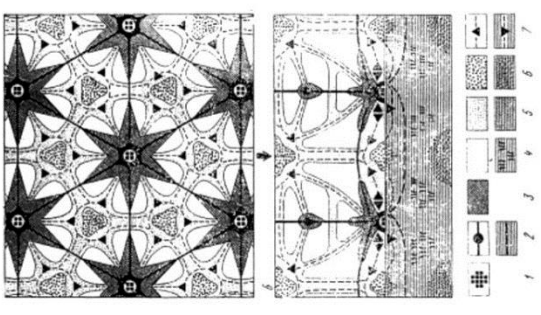
Кристаллер	Модель центральных мест	
Иллард	Схема модели расселения по Илларду	<p>а – коэффициент уплотнения населения к центру города; b – коэффициент пропорциональности, свойственный каждому городу; с - расстояние до центра города.</p>
Лёш	Модель «Экономического ландшафта»	<p>По мере удаления от главного центрального места, система равномерного распределения городов в пространстве преобразуется в структуру, где чередуются секторы, «богатые» и «бедные» населенными пунктами. Экономический ландшафт: а) 12 секторов; б) центры с наибольшим числом функций; в) два соседствующих сектора (размеры точек пропорциональны числу функций).</p>
Кольб	Модель образования периодически центральных мест «Модель правильного распределения гнезд»	<p>Суть модели вкратце сводится к следующему: наиболее оптимальным является размещение населенных пунктов в виде "сгустков": крупный город занимает центральное положение в системе расселения, вблизи границы его влияния - его конуса спроса - располагаются малые города; деревни группируются вокруг малых городов на периферии зон сбыта.</p>
Доксиадис	Модель эволюции города от динакполиса к ойкуменополису	

Таблица 2

**Базовые градостроительные модели, концепции и схемы
в теории и истории градостроительства
(результаты отечественных исследований)**

Кудрявцев	 <p>Глобальный каркас расселения: тонкой линией показаны контуры материков; «мохнатыми» линиями – элементы глобального каркаса расселения, объединяющие крупнейшие города мира</p>
Ерохин	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  <p>На территории европейской части России во II-X вв. формировалась - очаговая система расселения. II-V вв. расселение представлено городищами (поселения, обнесенные частоколом), имеющими вокруг себя сельскохозяйственные угодья.</p> </div> <div style="width: 30%;">  <p>VI – IX вв. Происходит выделение городов-центров княжеской власти, которые стремятся к подчинению окружающей их территории.</p> </div> <div style="width: 30%;">  <p>IX – XII вв. Формируется линейная система расселения. В ранне-феодальный период складывается линейная или водно-коммуникационная система расселения. Наиболее известная система формировалась вдоль пути «из варяг в греки».</p> </div> <div style="width: 30%;">  <p>XII - XV вв. Формируется кольцевая (оборонно-стратегическая) система расселения</p> </div> <div style="width: 30%;">  <p>XV - XIX вв. Формируется звездчатая система расселения.</p> </div> </div>
Иконников, Пчельников	 

Окончание табл. 2

Демин, Кострикин Хаггет		<p>Демин Н.М. Зоны слияния системы городов-центров</p>  <p>1- границы зон влияния; 2 - разграничительные линии влияния соседних городов 3 - города-центры</p> <p>Планиграмма потенциала поля расселения региона 1- потенциал в точке; 2 - разграничительные линии влияния соседних городов 3 - города-центры</p>  <p>Схема выявления иерархии центров по П. Хаггету.</p> 
Лаппо	Концепция развития опорного каркаса территориальной структуры народного хозяйства Сетевой поляризованный ландшафт	 <p>1 - ядра узловых элементов опорного каркаса - многофункциональные крупные города; 2 - городские агломерации; 3 - полимагистрали; 4 - городские поселения в агломерациях и зонах умеренной концентрации; 5 - глубинные территории - межагломерационные пространства; 6 - организационно-хозяйственные центры (небольшие города и крупные села) в межагломерационных пространствах; 7 - зоны умеренной концентрации, стабилизации или умеренного роста населения</p>
Родоман		 <p>1 - природные заповедники; 2 - загородные парки; 3 - территории, используемые для сельского хозяйства средней и высокой интенсивности; 4 - постоянные городские жилища и предприятия обрабатывающей промышленности; 5 - городской центр; 6 - историко-архитектурный заповедник - старое ядро города</p>



Рассмотренные теоретические модели СР позволяют глубже познать практические вопросы истории территориального планирования.

К стадийности и цикличности исторического процесса развития СР в исследованиях применяются различные подходы, которые, так или иначе, рассматривают поэтапность развития СР [11].

В доисторическом процессе эволюция СР не может рассматриваться последовательно, т.к. хронология этапов зачастую не определена, а археологические данные говорят нам о циклическом процессе возникновения, развития, частичного или полного исчезновения СР.

Современная наука периодически сталкивается с проблемой верификации формирования СР в древний период развития общества на территориях достаточно густонаселенных в период расцвета и заката древних цивилизаций. Причиной этому служат пробелы в изысканиях и выводы на ранних этапах исследования территориальных археологических комплексов, соотносящиеся с культурными слоями наиболее ранних форм расселения, построенные на основе интерпретации полученных данных на протяжении длительного периода накопления и анализа материала.

Вновь освоенные в современный период территории с циклической динамикой урбанизации представляют особый научный интерес для междисциплинарных исследований в истории и теории архитектуры и градостроительства, истории этнографии и археологии [12], т.к. следы прошлого всегда дают новые теоретические знания накопленного опыта и информативные данные о далеком прошлом, процессах жизнедеятельности, миграции населения, которые происходили в далеком прошлом в сравнении с тем, что происходит на этих территориях в настоящее время и будет происходить в дальнейшем.

Выводы. В результате анализа ключевого термина «СР» рассмотрены основные работы, научные теории и подходы к исследованию процессов их формирования; основные теоретические модели и концепции, существенно повлиявшие на развитие теории градостроительных систем и СР в целом; модели и схемы В. Кристаллера, К. Доксиадиса, Б. Родомана, А. Леша, Дж. Кольба и др. Проведен аналитический обзор ведущих теоретических концепций и моделей в теории архитектуры и градостроительства, применяемых как к современным, так и древним СР, типологии и морфологии поселений и их функциональному наполнению. Сформирована теоретическая база для исследования типологии и морфологии СР и градостроительных систем как объектов допроектной архитектурно-градостроительной деятельности общества доисторического периода в историко-архитектурной науке и влияния этой деятельности на опыт современности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система расселения // Географический энциклопедический словарь : понятия и термины / главный редактор А. Ф. Трешников. – Москва : Советская энциклопедия, 1988. – 431 с. – Текст : непосредственный.
2. Алаев, Э. Б. Социально-экономическая география : понятия и термины. Словарь-справочник / Э. Б. Алаев ; ответственный редактор А. П. Горкин. – Смоленск : Ойкумена, 2013. – 328 с. – ISBN 978-5-93520-083-X. – Текст : непосредственный.
3. Теории организации пространства. Теория центральных мест Вальтера Кристаллера. – URL:



https://studme.org/1261051524452/ekonomika/teorii_organizatsii_prostranstva#152 (дата обращения: 24.07.2024). – Текст : электронный.

4. Экономический ландшафт А. Лёша. – URL: <http://surl.li/acmey> – (дата обращения: 13.08.2024). – Текст : электронный.

5. Модель «правильного размещения гнезд» Дж. Кольба. – URL: <http://edu.tsu.ru/eor/resource/174/html/65.html> (дата обращения: 24.07.2021). – Текст : электронный.

6. Doxiadis, C. A. Islamabad. The Creation of a New Capital / C. A. Doxiadis // From The Town Planning Review. – April 1965. – Volume 36, № 1. – P. 1–28 : 38 fig.

7. Мировой каркас расселения по О. К. Кудрявцеву. – URL: http://okt.ru/studopediasu/ba_zal/567532614948.files/image004.jpg (дата обращения: 07.09.2024). – Текст : электронный.

8. Ерохин, Г. П. Основы градостроительства : конспект лекций. Для студентов 3 курса специальностей : 270301 «Архитектура», 270302 «Дизайн архитектурной среды» / Г. П. Ерохин. – Новосибирск : Новосибирская государственная архитектурно-художественная академия, 2009. – 102 с. – ISBN 978-5-89170-062-8. – Текст : непосредственный.

9. Иконников, А. Кинетическая система расселения / А. Иконников, К. Пчельников ; Научно-исследовательский институт теории, истории и перспективных проблем советской архитектуры (Москва) ; Институт основных проблем пространственной планировки (Варшава). – Текст : непосредственный // Город и время – Москва : Стройиздат, 1973. – 302 с.

10. Лаппо, Г. М. Агломерации России: инновационный потенциал страны / Г. М. Лаппо. – Текст : непосредственный // GRADO. – 2011. – № 1. – 49 с.

11. Шевелев, В. Г. Ретроспективный анализ формирования коммуникационного каркаса системы расселения чернозёмной зоны России / В. Г. Шевелев, А. Е. Енин. – Текст : непосредственный // Архитектон : известия вузов. – 2012. – № 2 (38). – С. 206–209.

12. Епимахов, А. В. Мультидисциплинарные археологические исследования в изучении миграций и мобильности (бронзовый век Южного Урала) / А. Е. Епимахов. – Текст : непосредственный // Проблемы истории, филологии, культуры. – 2021. – № 3. – С. 5–17.

ULCHITSKY Oleg Aleksandrovich, candidate of architecture, associate professor, holder of the chair of architecture and fine arts

EVOLUTION OF SETTLEMENT SYSTEMS: BASIC THEORETICAL MODELS IN HISTORICAL AND ARCHITECTURAL SCIENCE

Nosov Magnitogorsk State Technical University

38, Lenin St., Magnitogorsk, 455000, Russia.

Tel.: (3519) 23-83-04; e-mail: archi-mgtu@mail.ru

Key words: settlement system, architectural and urban planning concepts, urban planning system, architectural theory, basic models.

The article examines the main concepts in the evolution of settlement systems adopted in historical and theoretical architectural and urban planning scientific research. As a result of the analysis, a scientific understanding of the models applicable to settlement systems was formed, which made it possible to determine the basic theoretical approaches to the study of their formation in historical and architectural science.



REFERENCES

1. Sistema rasseleniya [Settlement system]. Geograficheskiy enciklopedicheskiy slovar: ponyatiya i terminy [Geographical Encyclopedic Dictionary: Concepts and Terms] glavnyy redaktor A. F. Treshnikov. Moscow, 1988. 431 p.
2. Alaev E. B. Sotsialno-ekonomicheskaya geografiya: ponyatiya i terminy [Social and economic geography: concepts and terms]. Slovar-spravochnik; otvetstvennyy redaktor A. P. Gorkin. Smolensk: Oykumena, 2013, 328 p.
3. Teorii organizatsii prostranstva. Teoriya tsentralnykh mest Valtera Kristallera [Theories of spatial organization. Walter Kristaller's theory of central places]. URL: https://studme.org/1261051524452/ekonomika/teorii_organizatsii_prostranstva#152 (accessed: 24.07.2024).
4. Ekonomicheskiy landshaft A. Lyosha [Economic Landscape A. Lyosch]. URL: <http://surl.li/acmey> (accessed: 13.08.2024).
5. Model «pravilnogo razmeshcheniya gnyozd» Dzh. Kolba [J. Kolb's "correct nest placement" model]. URL: <http://edu.tsu.ru/eor/resourse/174/html/65.html> (accessed: 24.07.2021).
6. Doxiadis C. A. Islamabad. The Creation of a New Capital / C. A. Doxiadis, // From The Town Planning Review. April 1965. V.36. №1. P. 1-28: 38 fig.
7. Mirovoy karkas rasseleniya po O. K. Kudryavtsevu [World settlement framework according to O. K. Kudryavtsev]. URL: http://ok-t.ru/studopediasu/ba_zal/567532614948.files/image004.jpg (accessed: 07.09.2024).
8. Erokhin G. P. Osnovy gradostroitelstva [Fundamentals of Urban Development]. konspekt lektsiy. NGAHA. Novosibirsk, 2009, 102 p.
9. Ikonnikov A., Pchel'nikov K. Kineticheskaya sistema rasseleniya [Kinetic settlement system]. Gorod i vremya [City and time]. Nauchno-issledovatel'skiy institut teorii, istorii i perspektivnykh problem sovetskoy arkhitektury (Moscow); Institut osnovnykh problem prostranstvennoy planirovki (Warsaw). Moscow, Sroystizdat, 1973, 302 p.
10. Lappo G. M. Aglomeratsii Rossii: innovatsionny potentsial strany [Agglomerations of Russia: the country's innovative potential]. GRADO, 2011, №1, 49 p.
11. Shevelev V. G., Enin A. E. Retrospektivny analiz formirovaniya kommunikatsionnogo karkasa sistemy rasseleniya chernozyomnoy zony Rossii [Retrospective analysis of the formation of the communication framework of the settlement system of the black earth zone of Russia]. Arhitekton: izvestiya vuzov [Architekton : university news]. 2012, № 2 (38), P. 206-209.
12. Epimakhov A. V. Multidisciplinarnye arkhologicheskie issledovaniya v izuchenii migratsiy i mobilnosti (bronzovy vek Yuzhnogo Urala) [Multidisciplinary archaeological research in the study of migrations and mobility (Bronze Age of the Southern Urals)] / A. E. Epimahov // Problemy istorii, filologii, kultury [Problems of history, philology, culture]. 2021, №3, P. 5-17.

© О. А. Ульчицкий, 2025

Получено: 12.11.2024 г.



УДК 711.553.5

А. А. ЯКОВЛЕВ, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования; М. А. ЯКОВЛЕВ, канд. архитектуры, ст. преп. кафедры истории архитектуры и архитектурного проектирования

ОРГАНИЗАЦИЯ СРЕДЫ СКЛАДСКИХ ТЕРМИНАЛОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-83; факс: (831) 430-19-36; эл. почта: oootma@inbox.ru

Ключевые слова: складской комплекс, благоустройство, озеленение, зонирование, зоны отдыха.

Благоустройство складских комплексов является важным элементом для функционирования складского хозяйства, улучшения санитарно-гигиенических условий территории, создания благоприятной среды труда и отдыха работников. В статье, ориентированной на проектировщиков – архитекторов и градостроителей, рассмотрены пять подсистем благоустройства складских объектов, его основные задачи, средства и приемы.

В настоящее время в мире происходит интенсивное строительство складских терминалов и логистических парков, которые размещают в промышленных зонах и зонах внешнего транспорта мегаполисов. Призванные обеспечить товарами жителей крупных городов, складские комплексы все чаще включают в свой состав общественно-торговые функции – выставочные зоны, банки, отели, пункты общественного питания. Следствием этого является создание полноценной среды для клиентов и работников с качественным благоустройством, озеленением, использованием малых архитектурных форм.

К числу наиболее специфических черт организации пространства складских комплексов, в значительной степени определяющих характер и выбор номенклатуры элементов благоустройства, относится характер складирования, большие площади территории и крупный масштаб застройки.

Характер технологии обуславливает наличие определенных объемов грузоперевозок и наличие на территории предприятий сети транспортных коммуникаций. Характер складирования определяет наличие объектов и транспортных средств с выделением разнообразных производственных вредностей: тепла, газов, пыли, дыма, вибрации.

Большие площади территории складских комплексов обуславливают протяженные пути движения персонала по территории от проходной до рабочих мест, что требует соответствующей архитектурной организации этих путей и в первую очередь элементами благоустройства: укрытиями от осадков, солнца, замощением дорог и тротуаров, озеленением.

Крупный масштаб застройки требует в целях гармонизации производственной среды создания переходного пространства между масштабом застройки и человеком. Эта среда создается в определенной мере элементами благоустройства – зелеными насаждениями, малыми архитектурными формами и другими элементами [1].



Современное благоустройство территории складских комплексов включает пять подсистем – уровень, тип, элементы, архитектурно-композиционные средства и приемы.

1. **Уровень** отражает размещение благоустройства и зон отдыха – внутри зданий, около административно-бытового корпуса и основных служб, около здания склада и подсобных служб, главная зона отдыха всего комплекса, зона отдыха на предобъектной площади или около контрольно-пропускного пункта. Система благоустройства носит ступенчатый характер: внутрицеховые зоны отдыха, площадки около зданий (локальный уровень), комплексные зоны отдыха на уровне производственной зоны (зональный уровень), главные зоны внутриобъектной и предобъектной территорий (общезаводской уровень).

2. **Тип** – малые архитектурные формы, зелень, рельеф, замощение, вода. Средовое пространство складского комплекса состоит из системных и комплексных элементов благоустройства (скамьи, урны, фонари, решетки), озеленения (вазоны, цветники, деревья, кустарники), водных систем (фонтаны, оросительные бассейны, градирни), микрорельефа (замощение, бордюрный камень, подпорные стенки), спортивных элементов, элементов наглядной агитации, элементов ориентации в пространстве, элементов производственной информации, элементов освещения и подсветки. Наличие в проекте складского комплекса двух – трех типов благоустройства будет свидетельствовать если не о его качестве, так о его комплексности [2].

3. **Элементы** – элементы природной и городской среды, интерьеров, искусства, науки и технологии. Элементы классифицированы по признаку их принадлежности (к городской, природной или интерьерной среде) и по признаку их происхождения (искусство, наука или технология).

Элементы природной среды: садово-парковые элементы (растения, элементы ландшафта, водоемы и фонтаны); элементы благоустройства (озеленение кровель, буферных зон); малые архитектурные формы.

Элементы городской среды: информационно-знаковые и рекламные носители: пиктограммы, графические навигаторы; пространственные модульные объекты (сцены, игровые площадки, выставочные стенды, торговые места).

Элементы из интерьеров: произведения традиционных видов искусства (скульптуры, картины); мебель и зоны отдыха.

Элементы из области современного искусства: информационно-активные объекты и светодинамические «перформансы» (интерактивные световые представления, проекционные системы, экраны, художественный свет); пространственные арт-объекты, инсталляции, декорации; произведения монументального искусства (масштабные скульптуры, тематические композиции).

Элементы из области науки: новейшие тектонические объекты (объекты-оболочки, динамические объекты, кинетические объекты, криволинейные мембраны, каркасные объекты); экспонаты (архитектурные, исторические, научные, рекламные, интерактивные панели); технологическое оборудование и системы (транспортные и светозащитные устройства, медиа-фасады, аттракционы).

Элементы технологического оснащения: эскалаторы, травалаторы, патерностеры, панорамные лифты, подъемники; энергоэффективные и

энергосберегающие технологии: солнечная энергия (батареи), энергия ветра, современная естественная вентиляция, «интеллектуальные оболочки» здания.

4. Архитектурно-композиционные средства – знаки, модульные элементы, колористика, формопластика, композиционные элементы. Архитектурно-композиционные средства включают: знаки – названия, элементы зданий (козырьки, флюгеры, затяжки, стилистика); модульные элементы – метрические параметры территории, зданий и сооружений и их частей, а также современных функциональных элементов; колористика – цветовое решение старых зданий, наличие фирменных цветов; формопластика – характер художественно-композиционной организации семантических и стилистических элементов среды; композиционные элементы – основные членения, размещение, форма и размеры проемов, система пропорционирования, сочетание фактуры и материалов.

5. Приемы – архитектурно-пространственное модулирование, ландшафтное и визуальное зонирование, создание акцентов, разбивка осей. Среди приемов можно выделить: архитектурно-пространственное модулирование – использование одного или нескольких пространственных модулей для организации полноценной современной среды исторического объекта, визуальное зонирование – функционально-эстетическая дифференциация пространства для улучшения ориентации и решения архитектурно-композиционных задач, ландшафтное зонирование – дифференцирование пространства по размещению средовых пространственных элементов (озеленения, замощения, водных устройств, микрорельефа, малых архитектурных форм).

Основными **подходами** к формированию системы благоустройства должны стать: единство замысла, функциональное зонирование, историко-художественная тождественность среде, высокое художественное качество.

Благоустройство территории предприятия создается с целью решения следующих основных задач: улучшение планировочной организации территории предприятия; улучшение эксплуатационно-хозяйственных качеств территории; улучшение санитарно-гигиенических условий экстерьера; улучшение архитектурно-художественных качеств территории; улучшение эстетического уровня производственной застройки [3, 4].

Повышение архитектурно-художественных качеств территории, улучшение эстетического уровня застройки осуществляется комплексом элементов благоустройства – партерными газонами, цветниками, декоративными группами деревьев, цветущих кустарников, малыми архитектурными формами и другими элементами.

Эстетическая функция благоустройства также важна с точки зрения решения градостроительных задач, в частности, взаимосвязи производственной застройки с селитебной, взаимосвязи с природным ландшафтом, создания цельной природной композиции в производственной застройке.

Архитектурно-художественный уровень застройки и благоустройства предобъектной территории во многом определяет лицо складского комплекса, поскольку она является переходной зоной между застройкой селитебной зоны либо природным ландшафтом и производственной зоной, поэтому архитектурному решению зданий предобъектной зоны, уровню ее благоустройства уделяется особое внимание [5].

В планировочном отношении предобъектные зоны подразделяются на 2 типа – площадь с застройкой зданиями вспомогательного назначения (управление,



проходная, столовая, пожарное депо); участок магистрали, улицы или дороги с застройкой вдоль них.

Благоустройство предобъектных территорий решается приемами дифференциации, расчленения всей территории на ряд различных по функциям зон, благоустройство которых решается самостоятельно. Это характерно для крупных предобъектных территорий больших предприятий. Зонирование осуществляется зелеными насаждениями. Для цельного решения всей территории, путем раскрытия всего пространства зоны для посетителя, благоустройство всей зоны решается одними и теми же элементами. Прием характерен для благоустройства небольших предобъектных территорий. Применение твердых покрытий для замощения дорог, тротуаров, площадок входной территории по цвету, фактуре и рисунку поверхности может отличаться от типа покрытий, применяемых на территории предприятия, чем будет подчеркнуто ее значение.

Основные приемы озеленения территории складского комплекса:

- при большом количестве подземных и надземных коммуникаций используется газон;
- при отсутствии коммуникаций применяется газон и декоративные группы деревьев и кустарников;
- при ярко выраженных производственных вредностях (дым, газ, шум) для озеленения применяется защитная в несколько рядов посадка деревьев и кустарников.

Рациональное размещение, планировка и оборудование **мест кратковременного отдыха** является необходимым элементом благоустройства территории комплексов. Размещение площадок отдыха отвечает основным требованиям: быть максимально приближенными к рабочим местам либо пунктам питания (столовым, буфетам), где рабочие проводят часть обеденного перерыва; размещаться на участках с относительно чистым воздухом и меньшим уровнем шума. Архитектурно-планировочное решение мест отдыха в значительной степени зависит от специфики объекта, возможности обеспечить санитарно-гигиенические условия на его территории, природных и микроклиматических особенностей местности и правильного подхода к благоустройству площадок. Вид и содержание отдыха определяется характером труда. Виды работ можно подразделить на две группы: работы, выполняемые сидя, характеризующиеся монотонностью, ограниченным движением и незначительными мышечными усилиями, а также связанные с умственным трудом; работы, выполняемые стоя, характеризующиеся значительными мышечными усилиями с большим разнообразием движений и частой сменой рабочих операций [6].

Зоны кратковременного отдыха на территории складских комплексов располагаются: у складских корпусов вдоль проездов; у входа на предприятие; на крышах зданий; на участках внутренних дворов.

Исходя из этого, планировка и оборудование площадок для кратковременного отдыха должны учитывать специфику труда. По характеру использования могут быть площадки отдыха общего типа, площадки тихого отдыха, площадки активного отдыха [7]. Площадки отдыха общего типа размещаются на предобъектной зоне предприятия или в зоне вспомогательных зданий на территории предприятия. Такие площадки могут включать в себя элементы первичного обслуживания – торговые киоски, автоматы для продажи. Площадки оборудуются скамьями, столиками, урнами для мусора. Для защиты от



инсоляции возможна установка пергол с вьющимися растениями. Площадка отдыха общего типа по планировке и оборудованию является одним из элементов предобъектной зоны и размещается комплексно с другими элементами – автостоянкой, дорогами, озеленением.

Для площадок тихого отдыха предусматривают максимальное приближение к месту работы. Особенно необходимы площадки такого рода для работающих в многолюдных складских зданиях с высоким уровнем производственных шумов. На площадке устанавливается несколько удобных скамей и столиков для тихих настольных игр. Устройство в центре площадки небольшого декоративного бассейна, фонтанчика или живописной декоративной композиции из цветов, камней и мелкого кустарника улучшает микроклимат площадки и является акцентирующим внимание элементом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асанов, А. Складской комплекс: вчера, сегодня, завтра : [архитектура, интерьер и необходимость развития склад. комплексов] / А. Асанов. – Текст : непосредственный // Торговое оборудование в России. – 2001. – № 11. – С. 56–59.
2. Клименко, П. Я. Современные тенденции в архитектурных решениях транспортно-логистических комплексов / П. Я. Клименко. – Текст : электронный // Архитектон: известия вузов. – 2012. – № 2(38). – URL: http://archvuz.ru/2012_2/4.
3. Болотова, М. Н. Благоустройство промышленных предприятий / М. Н. Болотова, Д. К. Лейкина, В. А. Рыгалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1980. – 152 с. – Текст : непосредственный.
4. Иовлев, В. И. Архитектурное пространство и экология / В. И. Иовлев. – Екатеринбург : Архитектон, 2006. – 298 с. – ISBN 5-7408-0093-5. – Текст : непосредственный.
5. Внешний облик промышленного предприятия. Приемы архитектурно-художественного решения : обзор / О. С. Бутаев, Е. М. Ванникова. – Москва : ЦИНИС, 1973. – 59 с. : ил. – (Зарубежный опыт строительства / Госстрой СССР. Центр. ин-т науч. информации по стр-ву и архитектуре). – Текст : непосредственный.
6. Корепина, Т. Н. Эргономика архитектурной среды : учебное пособие / Т. Н. Корепина. – Екатеринбург : Архитектон, 2002. – 107 с. – Текст : непосредственный.
7. Рекомендации по архитектурной организации мест отдыха в производственных зданиях / Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений. – Москва : Стройиздат, 1987. – 51 с. : ил. – Текст : непосредственный.

YAKOVLEV Andrey Aleksandrovich, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design; YAKOVLEV Mikhail Andreevich, candidate of architecture, senior teacher of the chair of architecture history and architectural design

ORGANIZATION OF WAREHOUSE TERMINALS ENVIRONMENT

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-17-83; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: oootma@inbox.ru

Key words: warehouse complex, landscaping, gardening, zoning, recreation areas.



Accomplishment of warehouse complexes is an important element for the functioning of the warehouse economy, improving the sanitary and hygienic conditions of the territory, creating an enabling environment for employees work and recreation. The article focuses on the designers - architects and urban planners. It reviews five subsystems improvement of storage facilities, their main objectives, means and techniques.

REFERENCES

1. Asanov A. Skladskoy kompleks: vchera, segodnya, zavtra : [architektura, interior i neobhodimost razvitiya skladskikh kompleksov][Warehouse complex: yesterday, today, tomorrow : [architecture, interior and the need for the development of warehouse complexes]] / A. Asanov // Torgovoe oborudovanie v Rossii [Commercial equipment in Russia]. – 2001. – № 11. – P. 56-59.
2. Klimenko P.Y. Sovremennye tendentsii v arkhitekturnykh resheniyakh transportno-logisticheskikh kompleksov [Elektronniy resurs] [Modern trends in architectural solutions of transport and logistics complexes [Electronic resource]] / P.Y. Klimenko // Arkhitekton: izvestiya vuzov [Architecton: news of universities]. – 2012. – №2(38). – Access mode: http://archvuz.ru/2012_2/4.
3. Bolotova M. N. Blagoustroystvo promyshlennykh predpriyatiy [Improvement of industrial enterprises] / M. N. Bolotova, D. K. Leykina, V. A. Rygalov. – 2nd ed., revised. and additional. – M.: Stroyizdat, 1980. – 152 p.
4. Iovliev V.I. Arkhitekturnoe prostranstvo i ekologiya [Architectural space and ecology] / Arkhitekton [Architecton], Ekaterinburg, 2006.
5. Vneshniy oblik promyshlennogo predpriyatiya. Priemy arkhitekturno-hudozhestvennogo resheniya. Obzor. [The external appearance of an industrial enterprise. Methods of architectural and artistic decision. Overview.] TSINIS Gosstroya SSSR, Moscow, 1973.
6. Korepina T.N. Ergonomika arkhitekturnoy sredy: ucheb. posobie [Ergonomics architectural environment: tutorial] / T. N. Korepina. – Ekaterinburg: Arkhitekton [Architecton], 2002. – 107 p.
7. Rekomendatsii po arkhitekturnoy organizatsii mest otdyha v proizvodstvennykh zdaniyakh [Recommendations on the architectural organization of recreational facilities in industrial buildings]. TSNIIPromzdaniy, Moscow, 1987.

© А. А. Яковлев, М. А. Яковлев, 2025

Получено: 19.05.2024 г.



УДК 711.1:58.06(470.54)

А. А. МАЛЬЦЕВА, ст. преп. кафедры архитектуры и градостроительства

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА БОТАНИЧЕСКОГО САДА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА, НА ПРИМЕРЕ ЕКАТЕРИНБУРГА

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

Россия, 625001, г. Тюмень, ул. Луначарского, д. 2.

Тел.: 8 (922) 612-02-09; эл. почта: orlena_13@mail.ru

Ключевые слова: Ботанический сад, стратегия развития, устойчивое развитие, функциональный потенциал, городская структура.

В статье представлены результаты сравнительного анализа целей устойчивого развития и функциональных возможностей Ботанических садов. Выявлены современные направления их развития как части городской структуры. Проведен анализ имеющихся ресурсов у Ботанического сада в городе Екатеринбурге. Сделаны выводы о необходимости пересмотра принципов организации и использования таких объектов.

В современном мире Ботанические сады имеют одну из важных задач по решению вопросов устойчивого развития. На такие объекты возлагается миссия по сохранению и воссозданию биологического разнообразия стран. В связи с чем на государственном уровне создаются соответствующие проекты, законы, стратегии развития и т.п. [1]. Поэтому необходимо обратить особое внимание на данные объекты, в том числе с точки зрения градостроительства, архитектуры и ландшафта.

Следует отметить, что только города с достаточным уровнем экономического развития могут позволить себе содержать такие объекты, как Ботанические сады, поддерживать их в отличном состоянии, осуществлять работы по изменению и развитию. Мировая практика диктует при проектировании и реконструкции плоскостных объектов градостроительства использование энергосберегающих технологий, экологически чистых и сертифицированных материалов, ориентированность на комфортное и безопасное пребывание людей [2, 3]. Вследствие чего возникает необходимость переосмысления подходов проектирования Ботанических садов, требуются инновационные методы использования их ресурсов с учетом критериев устойчивого развития.

Цель исследования: оценить потенциал современного Ботанического сада как элемента устойчивого городского пространства.

Задачи исследования:

- выявление взаимосвязи между функциональным назначением Ботанического сада и устойчивым развитием города;
- анализ существующего опыта разработки стратегий Ботанических садов России;
- оценка имеющихся ресурсов Ботанического сада на примере Екатеринбурга.



Объект исследования: Ботанический сад как уникальный объект рекреационной, социо-культурной и экономической систем современного города (на примере Ботанического сада УрО РАН в г. Екатеринбурге по ул. 8 Марта).

Предмет исследования: принципы и критерии формирования современного Ботанического сада как элемента устойчивого развития городского пространства.

Научная новизна состоит в формировании новой теоретической концепции современного Ботанического сада, выработке критериев и требований к их внешнему виду, структуре и функционированию, на базе которых формулируется стратегия развития Ботанических садов с точки зрения архитектуры, градостроительства и ландшафтного дизайна. Устанавливается взаимосвязь между Ботаническим садом и устойчивым развитием городского пространства через сравнительную характеристику целей развития и функций сада. Ранее Ботанический сад рассматривался как рекреационный элемент или локальный научно-исследовательский объект.

Основные методы данного исследования: наблюдение, сбор информации, социальный опрос, анализ и систематизация.

В настоящее время понятие устойчивое развитие прочно вошло в разные сферы жизни человека и оказывает сильное влияние на принципы существования. Цели, направленные на решение устойчивого развития, носят общечеловеческий характер и не имеют границ по странам.

На данный момент многочисленные исследования отмечают формирование у Ботанических садов всего мира новых функций в связи с применением принципов устойчивого развития. Имеющиеся ресурсы могут позволить садам выйти на новый уровень социальной и экономической значимости для городских территорий, а также улучшить их экологическое и эстетическое состояние [4, 5].

Ниже в табл. 1 указаны цели устойчивого развития и приведены соответствующие этой цели функции Ботанического сада.

Можно сделать вывод, что Ботанические сады имеют высокую социальную, экологическую и экономическую значимости для городских территорий.

Для выявления потенциала Ботанического сада необходимо разработать эффективную стратегию его развития. На момент исследования, автором проанализированы разносторонние предложения по их развитию. Большинство из них инициированы работниками садов и затрагивают различные сферы деятельности. Например, Ботанический сад биологического факультета МГУ им. Ломоносова выбрал путь развития через науку и ее популяризацию. Ботанический сад Иркутского государственного университета ориентируется на открытость и доступность для посетителей, а также активное взаимодействие с ними. Перкальский дендрологический парк БИН РАН вырабатывает стратегию с применением современных методов ландшафтного дизайна [6-8].

Таким образом, учитывая все выше сказанное, существующие стратегии затрагивают только деятельность Ботанического сада, но упускают его архитектурные составляющие (здания и сооружения, в том числе теплицы; организацию всей территории сада, а не отдельной ее части; распределение потоков посетителей и работников и т.п.).

Выбранный автором в качестве примера Ботанический сад УрО РАН в городе Екатеринбурге по улице 8 Марта является головным научно-исследовательским учреждением Урала и смежных регионов Западной Сибири и Предуралья. Дата основания приходится на 28 августа 1936 г. В тот год под



нужды сада была выделена территория в 148 га. К 1957 году площадь участка уменьшилась и составляла 44,62 га. Данная цифра сохранилась и по сей день.

Таблица 1

**Соотношение целей устойчивого развития и функций
Ботанического сада**

№ цели	Цели устойчивого развития	Функции Ботанического сада
1	Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте	Оздоровление населения через садовую терапию, выращивание лекарственных растений, «зеленый» туризм
2	Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех	Организация экологического образования в независимости от возраста обучаемого
3	Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех	«Зеленые технологии» - основанные на растительном материале, в том числе: биотопливо, основу которого составляют водоросли; пиролизное масло, получаемое путем сжигания бытовых отходов; органические солнечные батареи и другие инновации на основе органики
4	Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов	Имеют растительный материал, устойчивый к городским условиям, что позволит создать или воссоздать зеленый каркас города
5	Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия	Основной задачей Ботанических садов всего мира стоит сохранение биоразнообразия
6	Укрепление средств достижения устойчивого развития и активизация работы механизмов глобального партнерства в интересах устойчивого развития	Создан Международный совет ботанических садов по охране растений (<i>Botanic Gardens Conservation International (BGCI)</i>)

Сад состоит в членстве некоммерческой международной организации *BGCI (Botanic Gardens Conservation International)*. Основные направления его работы следующие:

- изучение природных ресурсов Урала;
- интродукция;
- коллекционирование;
- изучение методов сохранения, воссоздания и использования флоры;

- защита и рекультивация антропогенных территорий;
- просвещение населения.

Необходимо отметить, что направления работы данного Ботанического сада во многом соответствуют целям устойчивого развития.

Согласно генеральному плану города Екатеринбурга на период до 2025 года Ботанический сад УрО РАН относится к территории озеленения общего пользования. Сад находится в юго-западной части города на стыке трех микрорайонов: Автовокзал, Ботаника и Юго-Запад. В основном сад окружает жилая застройка со вставками общественно-деловой. С юго-восточной стороны располагается производственная зона. С юго-запада – большая лесопарковая зона (рис. 1).

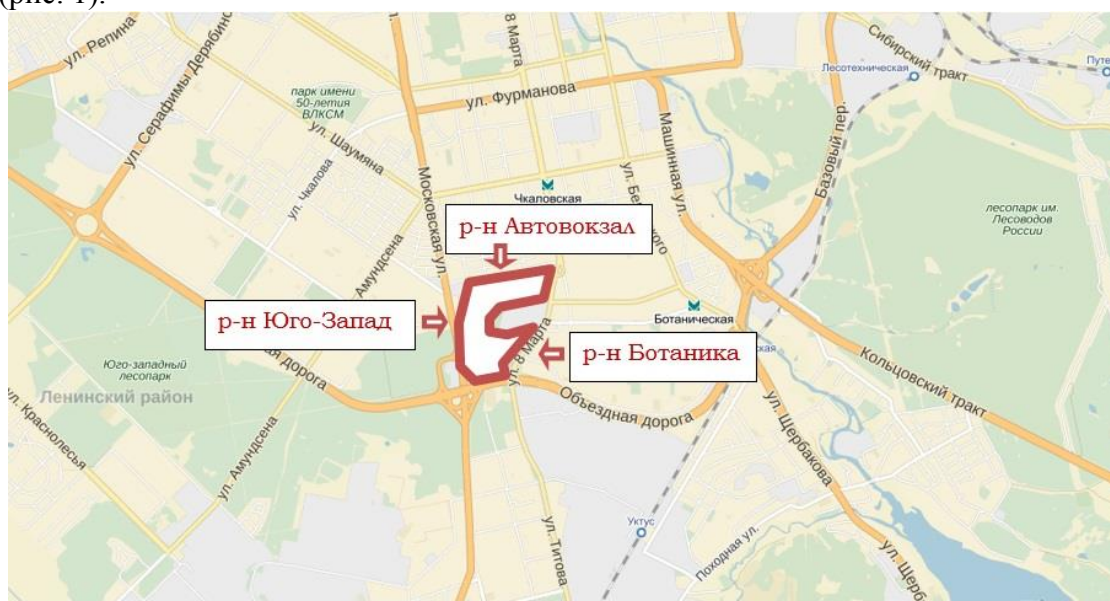


Рис. 1. Схема расположения Ботанического сада УрО РАН в г. Екатеринбурге

Такое расположение имеет свои преимущества и недостатки. Недостатками являются высокая антропогенная нагрузка на растительный материал, а также ограниченность территории со всех сторон автомобильными дорогами, в том числе магистралями. В тоже время локация в городе дает Ботаническому саду преимущества в доступности для посетителей. Рядом имеются остановки общественного транспорта: автобусы и трамваи. Нахождение сада в городской черте позволяет выращивать растения, устойчивые к данным условиям. Примыкающие лесопарковые зоны позволят увеличить территорию сада, что, в свою очередь, увеличит количество экспозиционных участков, возможность построить научный, лечебный, экологический или культурный центр, создать экологические тропы, расширить полигоны для исследований. Находящееся там же озеро «Собачье» – увеличить эстетическую ценность Ботанического сада.

В соответствии с официальным сайтом Сада, по функциональному назначению его территория делится на пять зон: постройки; лес; экспозиции; заповедник; неосвоенные территории [9].

В саду имеются строения различного назначения: административные, хозяйственные, лаборатории, теплицы и т.п. В ходе натурного осмотра и фотофиксации выявлены основные здания и сооружения, видные всем

посетителям. Преимущественно они располагаются около главного входа по улице 8 Марта. Остальные постройки находятся либо за высоким глухим забором, либо за густой растительностью и не представляется возможность зрительно оценить их состояние. Пространство главного входа организовано с применением ландшафтного дизайна, высажены уникальные растения – результат многолетней селекции местных специалистов. Анализ территории выявил, что более 50 процентов Ботанического сада не доступны для жителей и гостей города, а та, что посещается, в основном имеет неэстетический вид, отсутствует функциональное назначение.

Проведен опрос разных групп респондентов. Основными целями посещения сада являются отдых и фотосессии. Второстепенными целями стали закупка растительного материала и экскурсии. Соответственно, использование Ботанических садов лишь так нецелесообразно – это малая часть возможностей данных объектов.

В данной ситуации с территорией Ботанического сада г. Екатеринбурга автором предлагается произвести реконструкцию с увеличением спектра выполняемых функций и учетом современных требований к городским общественным пространствам с вектором на устойчивое развитие.

Таким образом, одной из главных задач современности становится оценка функционального потенциала Ботанических садов как одного из составляющих элементов устойчивого развития города. По мнению автора, при реконструкции садов следует придерживаться следующих основных направлений развития:

- создание имиджа сада как части бренда города;
- проектирование функционального наполнения, с учетом имеющихся ресурсов, резервных территорий и фондов;
- разработка сбалансированного соотношения открытых и закрытых пространств для посещения территорий сада с прокладкой дорожно-тропиночной сети;
- использование в проектом решении принципов устойчивого развития.

Ввиду этого потребуются разработка концептуально нового типа сада, основанного на новых архитектурно-ландшафтных принципах, что отразится на его планировочной структуре. Их выявление, систематизация и варианты воплощения в архитектурных решениях станут основой новой методики проектирования современных Ботанических садов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голосова, Е. В. Ботанические сады с позиции ландшафтной архитектуры : проблемы эстетики и доступности / Е. В. Голосова. – Текст : непосредственный // Жизнь Земли. – 2020. – Том 42, №1. – С. 72–80.
2. Гончаренко, Н. В. Экопросвещение сегодня : потребность общества и возможности ботанических садов (из опыта Ботанического сада ИГУ) / Н. В. Гончаренко. – Текст : электронный // Hortus bot. – 2018. – Том 13, приложение I. – С. 620–628. – URL: <http://elibrary.petrus.ru/books/52272>.
3. Дутова, З. В. Особенности формирования концепции развития региональных ботанических садов и ООПТ на примере Перкарльского дендрологического парка БИН РАН (г. Пятигорск) / З. В. Дутова. – Текст : электронный // Hortus bot. – 2018. – Том 13, приложение I. – С. 632– 637. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=5571>.
4. Краснова, К. С. Предположение по системе реновации ботанических садов России / К. С. Краснова. – Текст : непосредственный // Самарская Лука : проблемы региональной и глобальной экологии. – 2020. – Том 29, № 2. – С. 123–125.



5. МН И ВО РФ ФГБУН Ботанический сад УрО РАН. – URL: <http://botsad21.narod.ru/index/kontakty/0-4> (дата обращения: 26.10.2023). – Текст : электронный.

6. Мошняга, О. В. Современная нормативная основа функционирования дендрологических парков и ботанических садов в Российской Федерации / О. В. Мошняга, И. В. Ганицкий. – Текст : непосредственный // Охрана окружающей среды и заповедное дело. – 2021. – № 3-4. – С. 77–88.

7. Новаковская, Т. В. Ботанический сад Сыктывкарского государственного университета : вчера, сегодня, завтра / Т. В. Новаковская, Г. Ю. Макарова. – Текст : непосредственный // Вестник ТвГУ. Серия : биология и экология. – 2020. – № 1 (57). – С. 210–216.

8. Солтани, Г. А. Ресурсный потенциал ботанических садов и его использование / Г. А. Солтани, И. В. Анненкова ; Сочинский национальный парк. – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий : VII Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция, 1-3 октября 2020 г. : труды конференции. – Сочи, 2020. – С. 304–311.

9. Центральный ботанический сад национальной академии наук Беларуси : история, достижения, перспективы инновационного развития / В. Г. Шатравко, И. К. Володько, Л. В. Гончаров, П. Н. Белый ; Центральный ботанический сад НАН Беларуси. – Текст : непосредственный // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры : материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси, 28 июня – 1 июля 2022 г. – Минск, 2022. – С. 11–16.

MALTSEVA Alena Anatolevna, senior teacher of the chair of architecture and urban planning

THE STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF THE BOTANICAL GARDEN IN THE SYSTEM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CITY, ON THE EXAMPLE OF YEKATERINBURG

Industrial University of Tyumen

2, Lunacharskogo St., Tyumen, 625001, Russia.

Tel.: +7 (922) 612-02-09; e-mail: orlena_13@mail.ru

Key words: botanical garden, development strategy, sustainable development, functional potential, urban structure.

The article presents the results of a comparative analysis of the goals of sustainable development and the functional possibilities of botanical gardens. Contemporary strategies of their development as part of the urban structure are revealed. An analysis of the available resources at the Botanical Garden in the city of Yekaterinburg was carried out. Conclusions were made about the need to review the principles of the organization and the use of such objects.

REFERENCES

1. Golosova E.V. Botanicheskiye sady s pozitsii landshaftnoy arkhitektury: problemy estetiki i dostupnosti [Botanical gardens from the position of landscape architecture: problems of aesthetics and accessibility] Zhizn Zemli [Earth Life]. 2020, T.42, №1, P. 72-80.

2. Goncharenko N. V. Ekoprosveshcheniye segodnya: potrebnost obshchestva i vozmozhnosti botanicheskikh sadov (iz opyta Botanicheskogo sada IGU) [Eco-education today: need of society and possibilities of botanical gardens (from the experience of the Botanical Garden of IGU)]



the need of society and the possibilities of botanical gardens (from the experience of the ISU Botanical Garden)]. *Hortus bot.* 2018, Vol.13, encl. I, P. 620-628.

3. Dutova Z. V. Osobennosti formirovaniya kontseptsii razvitiya regionalnykh botanicheskikh sadov i OOPT na primere Perkalskogo dendrologicheskogo parka BIN RAN (g. Pyatigorsk) [Features of the formation of the concept of development of regional botanical gardens and protected areas on the example of the Perkalsky dendrological park of the BIN RAS (Pyatigorsk)]. *Hortus bot.* 2018, Vol.13, encl. I, P. 632-637.

4. Krasnova K. S. Predpolozheniye po sisteme renovatsii botanicheskikh sadov Rossii [Krasnova, K. S. Assumption on the system of renovation of botanical gardens in Russia]. Samarskaya Luka: problemy regionalnoy i globalnoy ekologii [Samarskaya Luka: problems of regional and global ecology]. 2020, Vol. 29, № 2, P. 123-125.

5. MN I VO RF FGBUN Botanicheskii sad UrO RAN [MN and VO RF FGBUN Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]. URL: <http://botsad21.narod.ru/index/kontakty/0-4> (accessed 26.10.2023).

6. Moshnyaga O. V., Ganitskiy I. V. Sovremennaya normativnaya osnova funktsionirovaniya dendro-logicheskikh parkov i botanicheskikh sadov v Rossiyskoy Federatsii [Modern regulatory framework for the functioning of dendro-logical parks and botanical gardens in the Russian Federation]. *Okhrana okruzhayushchey sredy i zapovednoye delo* [Environmental protection and conservation]. 2021, № 3-4, P. 77-88.

7. Novakovskaya T. V. Botanicheskii sad Syktyvkarskogo gosudarstvennogo universiteta: Vchera, segodnya, zavtra [Botanical Garden of Syktyvkar State University: Yesterday, Today, Tomorrow]. *Vestnik TvGU. Ser.: Biologiya i ekologiya* [Vestnik of Tver State University. Series: Biology and Ecology], 2020, №1(57), P. 210-216.

8. Soltani G. A., Annenkova I. V. Resursnyy potentsial botanicheskikh sadov i ego ispolzovaniye [The resource potential of botanical gardens and its use]. *Ustoychivoe razvitie osobo ohranyaemykh prirodnnykh territoriy* [Sustainable development of specially protected natural territories]. VII Vserossiyskaya (natsionalnaya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya, 1-3 oktyabrya 2020 g. : trudy konferentsii, Sochi, 2020, P. 304-311.

9. Shatravko V. G. Volodko I. K., Goncharov L. V., Bely P. N. Tsentralnyy botanicheskii sad natsionalnoy akademii nauk Belarusi: istoriya. dostizheniya. perspektivy innovatsionnogo razvitiya [Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus: history, achievements, prospects for innovative development]. *Introduktsiya, sokhranenie i ispolzovanie biologicheskogo raznoobraziya flory* [Introduction, preservation and use of biological diversity of flora] : Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu Tsentralnogo botanicheskogo sada Nacionalnoy akademii nauk Belarusi. Minsk, 2022, P. 11-16.

© А. А. Мальцева, 2025

Получено: 03.10.2024 г.



УДК 711.5

Д. С. МОСЯКИН, ст. преподаватель кафедры градостроительства и архитектуры

ОБЩЕСТВЕННЫЕ МОЛОДЕЖНЫЕ ПРОСТРАНСТВА КАК ВЕКТОР РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,

Институт «Академия строительства и архитектуры»

Россия, 95493, г. Симферополь, ул. Киевская, д. 181.

Тел.: +7 (978) 810-39-97; e-mail: mosyakin_dmitriy@mail.ru

Ключевые слова: город, развитие, многофункциональность, архитектурная среда, градостроительство, молодежь, городская среда, функционирование, общественные пространства.

В статье рассматривается особая роль общественных пространств в формировании комфортной городской среды, такие места в современном городе становятся все более ориентированными на молодежь и удовлетворение запросов именно молодого поколения. Определяются принципы формирования общественных пространств в городской среде, в первую очередь, для молодежи.

В ряде стран, в том числе в России, город – это поселение, имеющее официальный статус, присваиваемый в установленном законом порядке с определением городских границ. На практике численность населения многих малых городов России ниже, чем у ряда поселков городского типа и сельских поселений [1].

По численности населения выделяют большие города (как правило, полифункциональные центры) с населением свыше 100 тыс. человек. В отечественном градостроительстве согласно своду правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» используется следующая классификация: малые города – до 50 тыс. жителей, средние – от 50 до 100 тыс., большие – от 100 до 250 тыс., крупные – от 250 тыс. до 1 млн. с выделением двух подкатегорий (от 250 до 500 тыс. и от 500 тыс. до 1 млн.), крупнейшие – с населением свыше 1 млн. человек. С развитием процесса урбанизации в большинстве стран мира наблюдается рост числа городов и численности городского населения. Особенно быстро растут крупные города, служащие ядрами сложных групповых форм городского расселения – городских агломераций, прежде всего в развивающихся странах.

Статистика РФ выделяет на территории страны 1098 городов, городские районы (округа) – 333, поселки городского типа – 1850, сельские административные образования – 24396. В городах с населением более 1 млн. проживает более 22 млн. чел., с численностью от 0,5 до 1 млн. – 13,8 млн. чел. Города-миллионеры (10 образований в 2009 г.) выполняют функции центров городских агломераций [1].

Доля горожан составляет около 73% населения страны, но по степени урбанизации регионы России отличаются очень сильно. Основной комплексной характеристикой расселения является сочетание промышленно-производственных, организационно-культурных, транспортных (имеющих



значение не только для данного города), оздоровительных и других градообразующих функций.

По своим структурно-функциональным характеристикам города Российской Федерации подразделяются на несколько типов:

- 1) многофункциональные;
- 2) индустриальные центры, где главным градообразующим фактором выступает промышленность;
- 3) транспортные центры;
- 4) оздоровительные центры [2].

Город, особенно в контексте современного мегаполиса, представляет собой очень сложный социальный организм, который включает в себя хозяйственные, архитектурные, инженерные и культурные аспекты. Они являются центрами, где сосредоточены разнообразные хозяйственные функции. В рамках города различаются градообразующие функции, которые представлены отраслями экономики, нацеленными на реализацию своей продукции или услуг за пределами населенного пункта, и обслуживающие функции, ориентированные на удовлетворение потребностей городской экономики и ее жителей. К градообразующим отраслям могут относиться сектора, не связанные напрямую с удовлетворением нужд населения, тем не менее они формируют функциональную структуру и определяют экономический профиль города. Большинство населенных пунктов выполняют административные, торговые и сервисные функции для окружающих территорий. Обслуживающие функции представлены отраслями, которые служат интересам данного города, включая продовольственную промышленность, транспорт, жилищно-коммунальные услуги и образовательные учреждения. Границы между градообразующими и обслуживающими отраслями условны, так как некоторые виды деятельности могут выступать в обеих ролях в зависимости от направленности своих услуг [3].

Общественные пространства играют ключевую роль в городской планировке, способствуя формированию городской среды и облика города, а также отражая уровень культуры и социальной активности населения. В настоящее время доступны разнообразные методы исследования (включая анализ функционального зонирования, организацию транспортно-пешеходных потоков, градостроительные условия и морфологический анализ пространств), которые позволяют проводить комплексную оценку территорий и анализировать комфорт общественных зон в процессе проектирования. Исследуются количественные показатели, при этом комфорт и имидж пространств способствуют созданию безопасной, экологически чистой и привлекательной среды для жизни, учитывая возрастные группы, качество социальных связей и активность уличной жизни.

Развитие городских общественных пространств требует целостного подхода к их концептуальному планированию и эксплуатации. Это пространство обладает большим потенциалом для создания парков, деловых зданий, набережных и других общественных зон. Важными факторами, способствующими развитию этих пространств, становятся запросы населения. Важно отметить, что открытые общественные пространства становятся важным элементом имиджа городской среды, а новые зоны на периферии берут на себя часть обслуживающих функций и способствуют развитию комфортных и привлекательных градостроительных решений [3].



Центральные зоны, в которые включены разнообразные общественные пространства разных возрастов, находятся в непосредственной близости к городскому центру. Крупные и районные общественные пространства расположены в городской структуре с учетом их разных функций. Центральные площади чаще всего находятся рядом с учреждениями, предоставляющими услуги населению, а также с крупными торговыми центрами и уличными рынками. Эти пространства обладают высокой проходимостью и активными внутренними пешеходными маршрутами, обеспечены удобными транспортными связями и легко доступны пешеходам. Линейные общественные пространства демонстрируют наибольшую активность, играя роль транзитных путей для перемещения пешеходов между районами. Коммерческая активность достигает своего пика в больших центральных общественных зонах, где основной контингент составляют взрослые жители.

В Западной Европе становится все более актуальной тема тематизации и музеефикации исторических центров городов. Российские города, в свою очередь, характеризуются заброшенными территориями, неаккуратным жильем, низкой функциональной плотностью, проблемами с автомобильным доступом, пробками и нехваткой парковок. Тенденция к коммерциализации пространства активно развивается, разнообразив формы взаимодействия и деятельности в центре города [4].

Основные направления развития общественных пространств можно определить через несколько ключевых принципов: сохранение исторического поселения, создание доступных для всех территорий, развитие сложившегося городского центра, формирование центральной зоны и разработка модели общественного пространства.

Как правило, исторически сложившиеся населенные пункты находятся в пределах объектов культурного наследия, таких как памятники и ансамбли, обладающие значимой социальной и культурной ценностью. Все группы населения могут свободно пользоваться территориями общего доступа, к которым относятся улицы, площади, парки, скверы, набережные, бульвары и пешеходные зоны. Городские центры, представляющие собой историческую зону, отличаются многофункциональностью и разнообразием городской среды, включая театры и музеи. Центральная зона характеризуется высокой плотностью застройки и динамичностью, где сосредоточено большинство видов деятельности. Обычно она формируется на месте исторически сложившегося центра. Окружающие районы создают самостоятельные центры с крупными объектами обслуживания. Общественное пространство удовлетворяет социальные и культурные потребности горожан, обеспечивая взаимодействие людей разных возрастов и формируя определенный социальный климат [5].

Городские пространства играют важную роль в формировании расположения элементов городской среды, а также в разнообразии и активности взаимодействия различных сообществ. Разные образы жизни жителей, свободный выбор мест для работы, общения и отдыха, а также их мобильность влияют на использование этих пространств. Анализ поведения и взаимосвязей между горожанами и городской средой помогает создать сценарии их взаимодействия. Наиболее освоенными являются досуговые и культурно-развлекательные зоны с высокой посещаемостью.

Потребности городских сообществ определяют развитие потенциала публичных пространств. В каждом городском центре можно обнаружить

уникальные социально активные зоны. Процесс моделирования элементов общественных пространств, интегрированных в городскую инфраструктуру, способствует эффективному управлению и адаптации концепций их проектирования, отвечающих актуальным потребностям.

Для обеспечения бесконечного развития городов необходимо улучшение качественных и количественных характеристик городской среды в соответствии с современными требованиями. Город следует рассматривать как единый процесс, объединяющий использование элементов среды и поддержание их эксплуатационных параметров. Устойчивое развитие городской инфраструктуры включает постоянное совершенствование всех аспектов городской жизни.

Особую роль в формировании открытых общественных пространств занимает молодежь. Эта активная во всех смыслах группа населения, которая имеет тенденцию менять под себя среду, под свои потребности и запросы. Современная молодежь хочет создать для себя функционально наполненные пространства, в которых она смогла бы полностью реализовать свой потенциал [6].

Социокультурные пространства могут стать важными инструментами, привлекающими людей для интересного досуга и общения. Эти площадки, изменяясь вместе с обществом, адаптируются под его требования или предлагают новые форматы взаимодействия.

Социокультурное пространство – это место, где осуществляется досуг, обогащенный культурой: будь то молодежный клуб, библиотека, интерактивная выставка или лекции, приносящие знания и эмоции. Здесь особенно ценен физический опыт – мы получаем вдохновение не только от книг и фильмов, но и через взаимодействие с пространством, его дизайном, архитектурой или отдельными объектами.

Порой у человека возникает необходимость изменить свою реальность. Где бы мы ни стремились оказаться – в бегстве от настоящего или наоборот, в поисках нового опыта – нам жизненно необходимо физическое присутствие, а не виртуальная реальность. Хотя интернет может создавать иллюзии, все равно человек обращается к местам, где можно ощутить окружающий мир всеми чувствами. Поэтому необходимо разрабатывать пространства, где приятно проводить время как в одиночестве, так и в компании единомышленников, ведь ощущение подлинности в реальном мире сильнее, чем в цифровом [7].

Среди основных принципов создания комфортной среды выделяются следующие:

1. Принцип тематичности (необходимость наличия одной темы, задающей архитектурный облик комплекса);
2. Принцип многослойной информативности (архитектурное выражение ориентируется на разные социальные группы);
3. Принцип сценарности (в восприятии наблюдается перемещение между запланированными «сценами» – архитектурными пейзажами, созданными при проектировании пространства);
4. Принцип «оазиса» (самостоятельный архитектурный элемент, который резко отличается от окружающего ландшафта, он дополнительно притягивает к себе внимание и вызывает эмоции от нахождения в этом пространстве);
5. Принцип «мини-города» (отражает наличие инфраструктурной сети и архитектурно-ландшафтной структуры);



6. Принцип агломерации (тенденция к объединению отдельных развивающихся зон в единое целое);

7. Принцип трансформируемого пространства;

8. Принцип синтетической природы (взаимодействие архитектуры, дизайна и ландшафта);

9. Принцип архитектурной символичности (внедрение эстетических знаков и перенос значений художественных образов в архитектурную форму, знакомую широкой аудитории);

10. Принцип ориентированности пространства (восприятие окружающего мира и пространства в целом через определенные сценарии «игры»);

11. Принцип привлекательности (максимальное влечение к архитектурному ансамблю).

Эффективное сочетание образовательных, рекреационных и культурных функций в парках культуры и отдыха способствует образованию уникальных социокультурных кластеров, подчеркивающих культурное значение и роль творческих индустрий в реализации стратегии доступности культурных ресурсов для широкой аудитории [8].

Для полноценного развития данных процессов следует обозначить несколько основных моделей планировочной организации общественных зон:

1. Пространство-природа, характерным отличием которого является наличие водного зеркала, специфического рельефа и густых зеленых насаждений. Данный тип располагает к прямому взаимодействию с природой и направлен на духовное оздоровление посетителей. Возможности использования пространства: площадки для йоги на открытых газонах, использование зон для барбекю, катание на катамаранах, возможно, спортивная рыбалка.

2. Пространство-спорт, оборудованное необходимым инвентарем для индивидуальных или групповых занятий физкультурой на открытом воздухе. Формируется благодаря обилию возможных сценариев спортивного досуга: в зависимости от площади территории границы использования могут простирались от полноценных баскетбольных/волейбольных площадок с трибунами, до локальных пространств с настольным теннисом.

3. Пространство-театр, как наиболее подходящее место для культурного развития молодежи, может содержать амфитеатр со сценой для проведения представлений или презентаций. Данное направление первое в списке зон, ориентированных на создание именно культурной среды, формирующей эстетическое развитие молодежи.

4. Пространство-просвещение, располагающее к чтению и обучению. Образовательная среда, призванная мотивировать студентов и школьников создавать нужный контекст для студентов и их обучения. В Москве уже есть пространства, оборудованные под летние читальни и зоны для буккроссинга.

5. Пространство-школа, как второй пример образовательного пространства, направленного на более обширный спектр просветительских процессов, где разумно проводить различные экскурсии, тематические мастер-классы и многое другое.

6. Пространство-музей, где формирующим фактором выступает нахождение зоны в исторической застройке. Таким образом, культурно-досуговые мероприятия для молодежи позволят увеличить приток горожан к знаковым местам города.

Необходимость создания молодежных общественных пространств сегодня еще актуальнее, ведь именно молодежь является движущей силой изменений и нововведений в современном обществе. Молодежные общественные пространства охватывают широкий спектр интересов и нужд, от спортивных площадок и мест для активного отдыха до зон для общения, саморазвития и творчества. Они предполагают создание условий для проявления и развития индивидуальности, творческого потенциала и социальной ответственности молодежи [9].

Важным фактором в создании молодежных общественных пространств является учет мнения и потребностей молодежи при планировании их дизайна и организации. Это способствует созданию привлекательных и удобных мест для общения, творчества и саморазвития, которые помогают формировать активную гражданскую позицию и культуру здорового образа жизни среди молодежи.

Таким образом, молодежные общественные пространства являются неотъемлемой частью развития современного городского пространства, создания комфортной среды для жизни и развития всех слоев населения, и, в частности, молодежи, ставящей свои цели и задачи на будущее. На формирование комфортных, интересных и привлекательных пространств влияет ряд факторов: градостроительный, социальный, культурный и экологический (рис. 1).

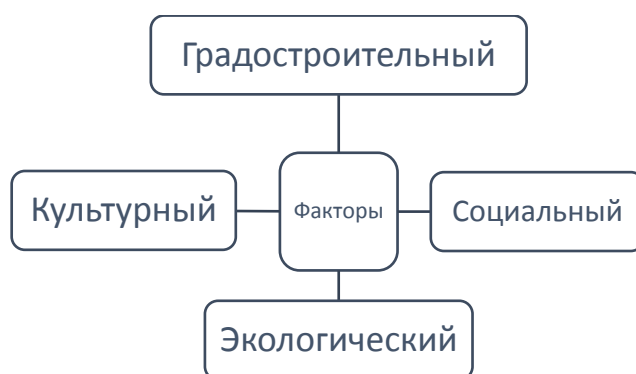


Рис. 1. Схема факторов влияния

Градостроительный фактор определяет функционально-содержательные характеристики форм и компонентов городской среды. Данный аспект непосредственно влияет на решение проблемы оптимизации общественных пространств, повышения их качества и обеспечения условий комфортной досуговой деятельности (рис. 2). Градостроительный фактор определяет условия формирования сети общественных пространств, такие как:

- расположение в планировочной структуре города;
- размещение в функциональной системе города;
- положение в территориальной структуре города;
- размер территории;
- влияние природного ландшафта.



Рис. 2. Схема условий формирования пространства, определяющихся градостроительным фактором

Социальный фактор. Городское пространство – это единство городских объектов и их социальных функций. Социологические исследования позволяют перестраивать вектор развития пространств в направлении актуальных потребностей населения. Социум стремительно меняется и развивается, а городское планирование не успевает удовлетворять его социальные потребности. Например, в советский период открытые пространства выполняли скорее политическую функцию, когда парки и малые городские сады были местом уединения и тихого отдыха. Сегодняшняя потребность молодежи заключается в создании многофункциональной сети открытых пространств, способствующих культурному, физическому и ментальному развитию.

Культурный фактор определяет новый формат отношений с городской средой. Этот аспект рассматривается как способ сохранения и развития культурных ценностей посредством облагораживания среды. Культурные факторы делятся на три основных типа:

- Абстрактные (ценности, убеждения, отношения, идеи, типы индивидуальности, религиозные представления).
- Материальные (книги, искусство, архитектура).
- Институциональные (нормы и правила).

Экологический фактор обусловлен необходимостью повышения экологической устойчивости зеленых насаждений, являющихся неотъемлемой частью большого количества открытых общественных пространств. Экологический подход к планированию территории неразрывно связан с современными тенденциями формирования городских пространств, а также является очень важным требованием в нынешнем проектировании.

На основе вышеизложенных факторов можно определить основные принципы:

1. Принцип взаимодействия. Возможность участвовать в разработке и смене сценариев деятельности. Данный принцип позволяет создавать условия для социального взаимодействия между людьми, в том числе для различных



возрастных и социальных групп, учитывать потребности и интересы каждого участника городской жизни.

2. Принцип целенаправленности. Ориентирование именно на потребности молодежи, преобразование градостроительного пространства для комфортного досуга и культурно-просветительской деятельности одной группы населения.

3. Принцип преемственности. Сохранение ценных градостроительных традиций и использование историко-культурного наследия в композиционной организации общественных пространств. А также гарантирует сохранение культурного наследия и городской идентичности. Новые объекты и пространства должны гармонично вписываться в существующую застройку и учитывать строительные и технологические особенности.

4. Принцип акцентирования. Выделение особых черт среды и возможность ее развития с упором на специфику местности, что позволяет создать узнаваемый образ города и привлечь туристов и жителей. Этот принцип помогает также сделать общественные пространства более комфортными для жизни и отдыха.

5. Принцип иерархичности. Выявление главных и второстепенных пространств. Систематизация общественных центров: общегородские центры, подцентры, центры планировочных образований (городское планирование зон, районов, микрорайонов), специализированные центры. Данный принцип определяет способ организации пространства, учитывающий функциональную природу каждой его части. Выделение зон с разной степенью доступности способствует более эффективной эксплуатации мест и повышению удобства для жителей.

6. Принцип гармонизации. Он учитывает согласованность существующей городской застройки и рекреационных зон, экологические и эстетические требования, определяет концептуальное единство и функциональную совместимость различных элементов общественного пространства.

7. Принцип оптимизации. Организация городских зон с выполнением нормативных требований, программ развития, а также внедрением современных методов формирования рекреационных зон. Принцип гарантирует использование современных технологических решений и обеспечивает их адаптацию к потребностям жителей города. Оптимизация проектирования общественных пространств крупных городов в сочетании с другими принципами может существенно улучшить качество городской среды и повысить ее комфортность.

На основе вышеперечисленных факторов и принципов можно определить наиболее эффективные практические методы формирования общественных пространств для молодежи, такие как:

1. Организация молодежных центров и клубов;
2. Создание парков, скверов и спортивных площадок;
3. Разработка проектов городской молодежной инфраструктуры;
4. Организация театральных, музыкальных и художественных фестивалей;
5. Спонсорство мероприятий и концертов для молодежи;
6. Предоставление финансовой поддержки для молодежных проектов и инициатив;
7. Организация волонтерских программ для молодежи;
8. Содействие развитию общественных медиа-проектов для молодежи;
9. Участие в создании специальных молодежных социальных сетей и приложений;



10. Обеспечение доступа научных и учебных проектов для молодежи.

С учетом текущих проблем, сдерживающих эффективное управление развитием городских территорий, можно предложить структуру, включающую следующие компоненты, важные для устойчивого городского развития:

1. Принципы, соблюдение и внедрение которых следует считать ключевыми для устойчивого развития и управления городскими системами, необходимыми для превращения города в комфортное и привлекательное пространство для работы, жизни и отдыха, особенно молодежи.

2. Необходимо привлечение жителей города и активных социальных групп для обсуждения и развития различных стратегий в области управления и контроля за реализацией инициатив по трансформации городов в сбалансированную среду.

3. Необходимо удовлетворение потребностей городского населения с учетом местных традиций и правовых норм. Сюда также входит градостроительство и архитектура.

4. Планы реализации, определяющие взаимодействие и интеграцию пространственного и городского планирования.

5. Активное внедрение программ для привлечения инвестиций в города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – Москва, 2024. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения 20.09.2024).

2. Федоров, В. В. Планировка и застройка населенных мест : учебное пособие / В. В. Федоров. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 133 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-016235-5. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/2126630> (дата обращения: 24.09.2024). – Режим доступа: по подписке.

3. Тяглов, С. Г. Алгоритм развития общественных пространств крупных городов в условиях их урбанизации / С. Г. Тяглов, Н. Д. Родионова, Я. В. Федорова, В. Ю. Сергиенко. – Текст : электронный // Регионология. – 2020. – № 4(113). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-razvitiya-obschestvennyh-prostranstv-kрупnyh-gorodov-v-usloviyah-ih-urbanizatsii> (дата обращения: 25.06.2024).

4. Макеев, В. А. Функционирование и развитие крупного города: проблема устойчивости / В. А. Макеев. – Текст : электронный // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 6, Ч. 4. – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/06/55334> (дата обращения: 25.06.2024).

5. Королева, Е. Н. Создание общественных пространств – стратегический приоритет развития малых российских городов / Е. Н. Королева, Д. Е. Масько. – Текст : электронный // Региональное развитие. – 2014. – №3-4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-obschestvennyh-prostranstv-strategicheskiy-prioritet-razvitiya-malyh-rossiyskih-gorodov> (дата обращения: 25.06.2024).

6. Цуркунов, Д. А. Тенденции и особенности развития общественных пространств в структуре города / Д. А. Цуркунов. – Текст : электронный // Студенческий научный форум : материалы X Международной студенческой научной конференции. – URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018001686> (дата обращения: 25.06.2024).

7. Гельфонд, А. Л. Архитектура общественных пространств : монография / А. Л. Гельфонд. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 412 с. – (Научная мысль). – DOI 10.12737/monography_5b7a73a7d8a082.42460125. – ISBN 978-5-16-014070-4. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2072429> (дата обращения: 04.10.2024). – Режим доступа:

по подписке. – Текст : электронный.

8. Мяконьков, В. Б. Коллективное бессознательное и общественное сознание в структурной модели социального поведения / В. Б. Мяконьков. – Текст : электронный // Вестник Санкт-Петербургского университета. Международные отношения. – 2005. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kollektivnoe-bessoznatelnoe-i-obschestvennoe-soznanie-v-strukturnoy-modeli-sotsialnogo-povedeniya> (дата обращения: 20.06.2024).

9. Гельфонд, А. Л. «Океанис» как тип многофункционального комплекса / А. Л. Гельфонд. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 1(65). – С. 193–199.

MOSYAKIN Dmitriy Sergeevich, senior teacher of the chair of urban planning and architecture

PUBLIC YOUTH SPACES AS A VECTOR OF URBAN ENVIRONMENT DEVELOPMENT

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of Construction and Architecture
181, Kievskaya St., Simferopol, 95493, Crimea, Russia.

Tel.: +7 (978) 810-39-97, e-mail: mosyakin_dmitriy@mail.ru

Key words: city, development, multifunctionality, architectural environment, urban planning, youth, urban environment, functioning, public spaces.

In the article the special role of public spaces is suggested in the formation of a comfortable urban environment. Such places in a modern city are becoming more and more youth-oriented and satisfy the needs of the nominal young generation. The principles of the formation of public spaces in the urban environment, primarily for young people, are determined.

REFERENCES

1. Chislennost naseleniya Rossiyskoy Federatsii po munitsipalnym obrazovaniyam [Population of the Russian Federation by Municipalities]. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service] : official website. Moscow, 2024. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (accessed: 20.09.2024).
2. Fedorov V. V. Planirovka i zastroyka naseleennykh mest [Planning and development of populated areas] : uchebnoe posobie. Moscow, INFRA-M, 2023, 133 p. URL: <https://znanium.com/catalog/product/2126630> (accessed: 24.09.2024).
3. Tyaglov S. G., Rodionova N. D., Fedorova Ya. V., Sergienko V. Yu. Algoritm razvitiya obshchestvennykh prostranstv krupnykh gorodov v usloviyakh ikh urbanizatsii [Algorithm for the development of public spaces in large cities in the context of their urbanization]. Regionologiya [Regionology], 2020, № 4(113). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-razvitiya-obschestvennykh-prostranstv-krupnyh-gorodov-v-usloviyah-ih-urbanizatsii> (accessed: 25.06.2024).
4. Makeev V. A. Funktsionirovanie i razvitie krupnogo goroda: problema ustoychivosti [Functioning and development of a large city: the problem of sustainability]. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii [Modern scientific researches and innovations], 2015, № 6, Ch. 4. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/06/55334> (accessed: 25.06.2024).
5. Koroleva E. N., Masko D. E. Sozdanie obshchestvennykh prostranstv – strategicheskii prioritet razvitiya malyykh rossiyskikh gorodov [Creation of public spaces is a strategic priority for the development of small Russian cities]. Regionalnoe razvitie [Regional development],



2014, №3-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-obschestvennyh-prostranstv-strategicheskiy-prioritet-razvitiya-malyh-rossiyskih-gorodov> (accessed: 25.06.2024).

6. Tsurkunov D. A. Tendentsii i osobennosti razvitiya obshchestvennykh prostranstv v strukture goroda [Trends and features of the development of public spaces in the structure of the city]. *Studencheskiy nauchnyy forum [Student Scientific Forum] : materialy X Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii*. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018001686> (accessed: 25.06.2024).

7. Gelfond A. L. *Arkhitektura obshchestvennykh prostranstv [Architecture of public spaces]: monografiya*. Moscow, INFRA-M, 2024, 412 p. URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2072429> (accessed: 04.10.2024).

8. Myakonkov V. B. Kollektivnoe bessoznatel'noe i obshchestvennoe soznanie v strukturnoy modeli sotsial'nogo povedeniya [Collective unconscious and public consciousness in the structural model of social behavior]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Mezhdunarodnye otnosheniya [Bulletin of St. Petersburg University. International relationships]*, 2005, №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kollektivnoe-bessoznatelnoe-i-obshchestvennoe-soznanie-v-strukturnoy-modeli-sotsialnogo-povedeniya> (accessed: 20.06.2024).

9. Gelfond A. L. «Okeanis» kak tip mnogofunktsionalnogo kompleksa [“Oceanis” as a type of multifunctional complex]. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorodskiy gos. arkh.-str. un-t. Nizhny Novgorod*, 2023, № 1(65), P. 193–199.

© Д. С. Мосякин, 2025

Получено: 11.10.2024 г.



УДК 711.72:911.375.5

К. А. ДАНИЛЕНКО¹, аспирант кафедры «Основы архитектурного проектирования»; **Е. Г. ЛАПШИНА²**, канд. архитектуры, проф., зав. кафедрой «Основы архитектурного проектирования»

РАЗВИТИЕ ВЫСОТНОЙ ДОМИНАНТЫ ОТ ХРАМА ДО ТЕЛЕБАШНИ: АРХИТЕКТУРНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАНОРАМЫ ГОРОДА МОСКВЫ, НИЖНЕГО НОВГОРОДА И ПЕНЗЫ

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, д. 28.

Тел.: (841) 248-74-75; эл. почта: ¹artistbs@ya.ru; ²elenlaps@mail.ru

Ключевые слова: высотные сооружения, историческое развитие, объекты культурного наследия, облик города, телебашни.

В статье рассматривается динамика развития высотных сооружений, являющихся акцентными визуальными элементами в городском пейзаже. Исследуются храмы, колокольни, телебашни, радиовышки, которые часто выступают в качестве высотных доминант в городском пространстве, ориентируя жителей и туристов на местности, становясь своеобразными знаковыми маяками.

Город, как любой живой организм, проходит несколько стадий в своем развитии. На каждом этапе он имеет определенное «лицо» или образ [1, С. 74]. Архитектуру принято рассматривать, как искусство пространственной организации, при этом архитектор выступает создателем визуальной картины пространства, окружающего человека, которую ему необходимо понять, почувствовать и увидеть, в конечном итоге – войти и жить в ней. «Пространство... организуется системой объемов, связанных между собой определенной целью и преобразующих часть реального пространства в особое художественно осмысленное пространство, имеющее определенные границы и размеры. Художественно организованное пространство может рассматриваться в качестве архитектурной формы» [2, С. 8]. При организации пространства необходимо расставить акценты в процессе зрительного восприятия человека, его движения в пространстве. Например, композиционный архитектурный центр (акцент) возводился в виде стелы (пилона), пирамиды, ратуши, храма и т.д.; горел огонь на вершине маяка или дозорной башни, с помощью которой передавались сигналы [3].

Динамика исторического развития от Храма до радио- и телевышек – это история изменений в архитектуре городов, которая отражает не только технологический прогресс, но и социокультурные изменения общества. Начиная с древних времен высотными доминантами были Александрийский маяк, пирамиды в Гизе, усыпальница сатрапа Мавсола в Галикарнасе. Условно можно отнести к этому перечню «высоток» и ступенчатые ярусы висящих садов Семирамиды, и облицованную пластинами золота и слоновой кости хрисоэлефантинную скульптуру Зевса, сидящего на квадратном в плане троне, и гигантскую статую Афины [4]. От храмов, которые были центральным элементом городского пейзажа, и до современных многоэтажных зданий с антеннами и вышками

история строительства городов раскрывает перед нами многочисленные аспекты их развития и эволюции. Храмы как символы духовности и власти, их монументальность и величие подчеркивали важность религии в жизни общества, а их архитектурный стиль отражал культурные и исторические особенности того времени. Примером может служить Парфенон на Акрополе в Афинах, символ древнегреческой культуры и искусства.

Москва, как столица России, всегда была центром духовной и политической жизни. Кремль с его величественными соборами, такими, как Успенский, Архангельский, Благовещенский и колокольня Ивана Великого, стал символом не только религиозной, но и государственной власти (рис. 1).

В Успенском соборе Московского Кремля венчались на царство все российские правители, до революции он имел статус кафедрального собора. До начала XVI века Успенский собор был самым высоким сооружением в Москве, его высота составляла 55 метров [2].

Архангельский собор высотой 21 метр из белого камня построил приглашенный архитектор из Венеции Алевиз Новый (возможно, Алевизо Ламберти да Монтаньяно) в традиционном древнерусском стиле – пятиглавый крестовокупольный храм с узкими щелевидными окнами. Венчает собор пять глав на барабанах различного диаметра, расставленных асимметрично, что создает впечатление воздушной легкости храма и устремленности вверх.

Перестроенную в 1508 году церковь Ивана Великого с ее величественной колокольней в 81 метр (рис. 2) столица Москва, да и вся Русь до того момента еще не видывала.

В Нижнем Новгороде также можно найти впечатляющие храмы. Один из них – собор Александра Невского (рис. 3). По проекту собор представлял собой центрическое сооружение с пятью восьмигранными шатрами, центральный из которых поднимается на высоту 72,5 метра. Архитектура собора ориентировалась на проекты К. Тона, а за образец была взята Благовещенская церковь в Петербурге, построенная этим архитектором в 1849 году. Посланный в Петербург на утверждение, проект был существенно переработан с изменением общего стилистического характера фасадов, ориентированных уже на средневековую романскую архитектуру при сохранении общих габаритов и пятишатрового завершения [3]. Построенный в конце XIX века, он стал важным архитектурным объектом и символом духовной жизни города. Возведение собора Александра Невского на Нижегородской ярмарке явилось одним из крупнейших строителей в России. По данным Снежницкого за 1899 год, 80-метровый собор Александра Невского был третьим по высоте в России после храма Христа Спасителя и колокольни Ивана Великого в Московском Кремле [3].

Пенза, хотя и менее известна, также обладает значительными религиозными сооружениями. Спасский собор берет свое начало с момента строительства крепости в 1663 г., он стал архитектурной доминантой, духовным центром, сердцем Пензы. Его упоминают в своих путевых записках, пожалуй, все путешественники, бывавшие в Пензе. Романист Михаил Загоскин в автобиографическом романе «Искуситель» (1838) вспоминает о том, как «блистала в лучах полуденного солнца глава соборной церкви нашего губернского города» [5, с. 38]. Новый восстановленный Спасский собор, как и прежний (рис. 4), утраченный в 1930-х годах, выполнен в стиле классицизм, пятикупольный, по размерам он больше прежнего. Собор может вместить до

**К СТАТЬЕ К. А. ДАНИЛЕНКО, Е. Г. ЛАПШИНОЙ
«РАЗВИТИЕ ВЫСОТНОЙ ДОМИНАНТЫ ОТ ХРАМА ДО ТЕЛЕБАШНИ:
АРХИТЕКТУРНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАНОРАМЫ ГОРОДА МОСКВЫ,
НИЖНЕГО НОВГОРОДА И ПЕНЗЫ»**

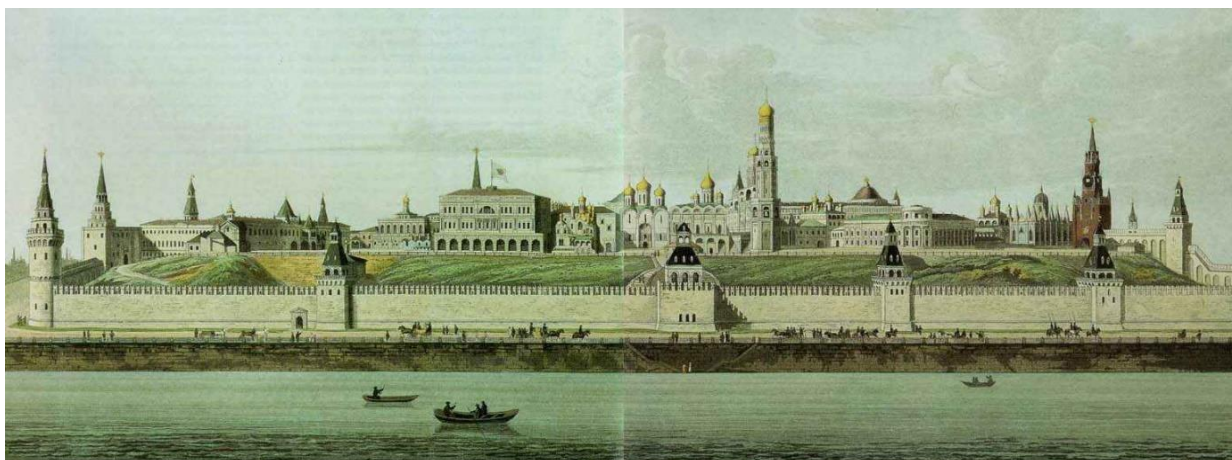


Рис. 1. Панорама Кремля, гравюра Эдварда Финдена, 1823 г.



Рис. 2. Вид кремля, фрагмент «Плана Царствующего Града Москвы с показанием лежащих мест на тридцать вёрст в округе», 1762–1766 г., автор Балабин П. Т. с рисунка М. И. Махаева



Рис. 3. Панорама с Невским Собором в Нижнем Новгороде



Рис. 4. Панорама Соборной площади. Спасский собор и Архиерейский дом в Нижнем Новгороде



Рис. 5. Вид на Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова в г. Москва, 1960 г.

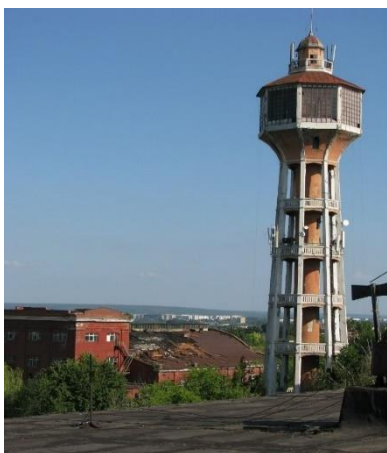


Рис. 6. Вид на водонапорную башню завода ЗИФ в г. Пенза, 2021 г.

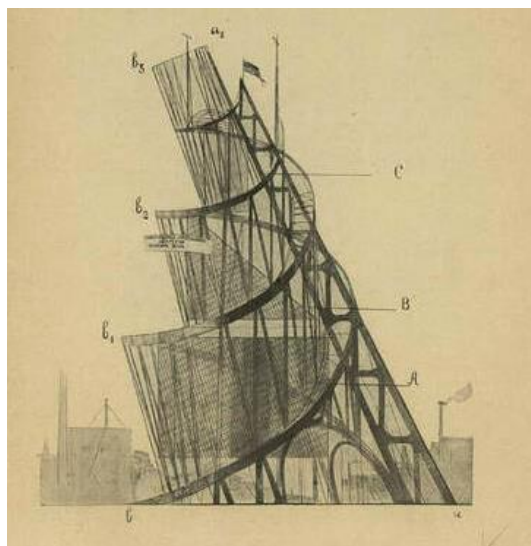


Рис. 7. Татлин В. Е. Проект монументального памятника, посвящённого III Интернационалу. Ручная графика

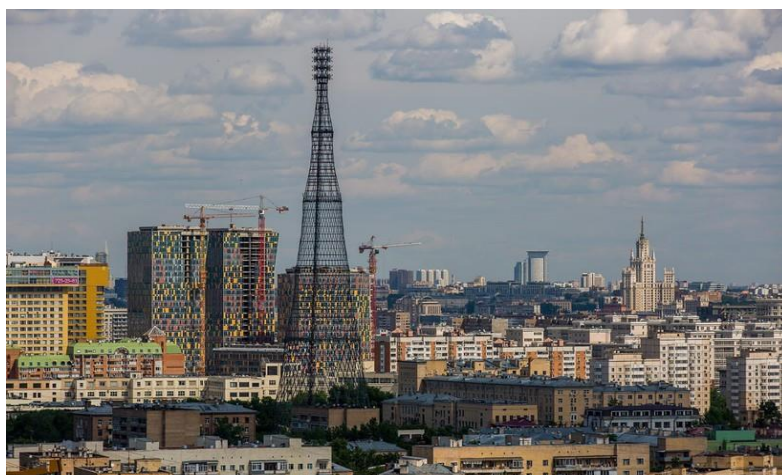
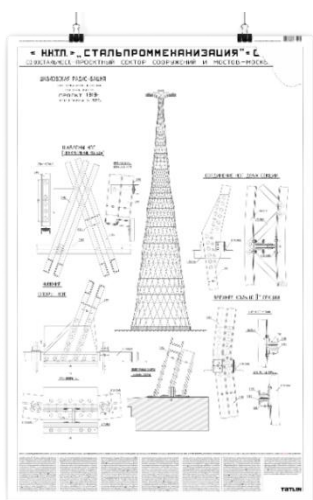


Рис. 8. Шаболовская радиобашня системы инженера Шухова в г. Москва



Рис. 9. Останкинская телебашня, архитекторы Л. И. Баталов, Д. И. Бурдин, М. А. Шкуд. Инженеры Н. В. Никитин, Б. А. Злобин, Л. Н. Щипакин



Рис. 10. Нижегородская телебашня

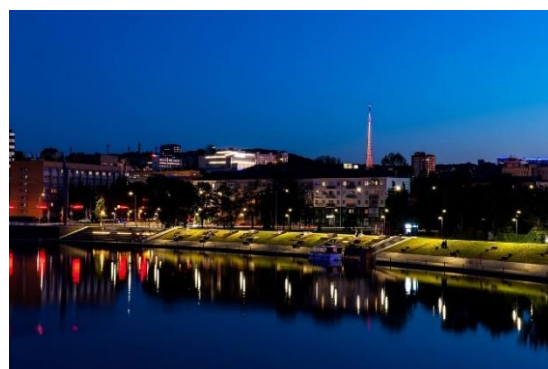
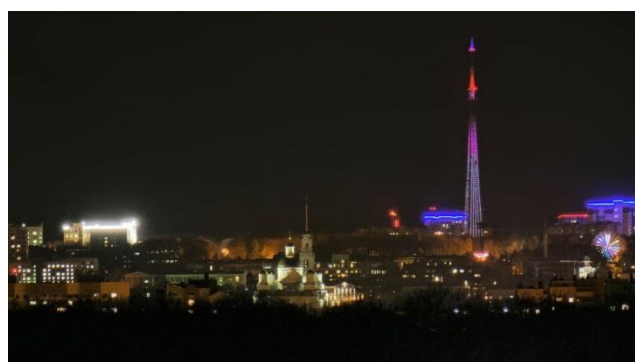


Рис. 11. Пензенская телебашня



Рис. 12. Новая панорама г. Пенза. Вид из города-спутника, 2024 г.

5000 прихожан. Высота собора под центральным куполом 40 метров. Высота колокольни – 82 м, на ней установлены 13 колоколов.

Таким образом, показано, как сакральная архитектура влияла на создание высотных доминант в городе. С течением времени храмы начали сосуществовать с новыми типами зданий, отражающих изменения в обществе и культуре. Светская, гражданская архитектура начала занимать все более важное место в городском ландшафте. Например, Гинсбург М. Я., теоретик конструктивизма, транслировал идеи изменения труда и быта средствами архитектуры. Символичность создаваемых дворцов культуры и дворцов труда заключалась в том, что в этих проектах делалась попытка создания нового социального организма, «социальных конденсаторов эпохи» [6, С. 75]. Но даже в этот период можно проследить отсылки к постройкам Древнего мира. Декоративное искусство стиля «ар-деко» было построено на синтезе, объединявшем элементы советского конструктивизма, символику джаза, радио, элементы условного языка народного искусства Африки, декора искусства древнего Междуречья. Ступенчатая устремленность архитектуры вверх подчеркивает связь с архитектурой Месопотамии [3].

Спасская башня Московского Кремля являлась высотным центром Красной площади. Она была создана в 1491 г. итальянским архитектором Пьетро Солари и была завершена в 1624–1625 гг., ее объемно-пространственная композиция задана английским архитектором Христофором Галовеем. Готические по стилистике своих наверший средневековые башни Московского Кремля стали примером для композиционного акцента, «отклика-поддержки» высоток Москвы сталинской эпохи.

В Москве в конце XIX – начале XX века началось строительство первых торговых домов, таких как ГУМ. Это здание стало символом новой эпохи, когда экономика начала развиваться, а светская жизнь приобрела новые формы. В советский период архитектура Москвы претерпела значительные изменения с появлением сталинских высоток, таких как ВДНХ и главное здание МГУ (рис. 5) высотой 183,2 метра, со шпилем 235 метров. Эти здания стали символами новой власти и амбициозных планов страны.

В Нижнем Новгороде в начале XX века также наблюдается переход к светской архитектуре. Краеведческий музей, построенный в стиле модерн, стал важным культурным центром города и архитектурной доминантой улицы Покровки. Он отражает стремление общества к образованию и культурному развитию, что было особенно актуально в преддверии революционных изменений.

Аналогичный процесс шел в других городах страны. В эту эпоху город Пенза стал обрастать корпусами заводов и фабрик, трубами и вышками, которые стали новыми высотными ориентирами. В Пензе в 1915–1916 годах по проекту архитектора П. Л. Пастернака была построена водонапорная башня (рис. 6) уникальной конструкции, она выполнена в стиле неоклассицизма. Высота башни – 42,5 метра, емкость бака – 180 кубометров. Сегодня башня является памятником архитектуры регионального значения.

Показано, как с течением времени и развитием технологий храмы уступили свое место другим типам зданий, таким как крепости, дворцы, университеты и торговые центры. Однако, одна из самых заметных трансформаций в городском ландшафте произошла с изобретением радио и телевидения. Композиционный

каркас и реальный металлический остов в продукте инженерии и архитектуре течения «конструктивизм» в эпоху модернизма основывается всегда на инженерной базе, транслирует идеи конструирования окружающей среды на основе формальных (композиционных) законов современности, новизны, контраста, каркаса, модульно-метрической организации, пластики, аналогов из Природы и образцов Наследия, слоев и пластики композиции [7, 8].

Всплеск инженерного творчества в создании машин и механизмов перекинулся на архитектуру, которая именно в этот период создает дома – машины для жилья, для коллективного приема пищи, чтения книг, просмотра кинофильмов и общения в клубах [9, 10]. Примером может служить проект В. Татлина «Памятник III Интернационала», разработанный в ходе монументальной пропаганды. Модель башни Татлин построил в 1920 году в Петербурге (рис. 7).

Масштаб и метрические, модульные членения башни Татлина меняет соотношение горизонтальной протяженности исторической части города к самой высокой вертикали. Циклопическая вертикаль башни поглощает размеры исторической части города и делает самую высокую вертикаль Адмиралтейства и, соответственно, горизонталь городской застройки Петербурга с полосой каналов маленькой и даже «бутафорской» [6].

Трансформация традиционных конструкций показывает стремление Татлина В. Е. к разработке яркого современного языка и новой, соответствующей времени и эпохе, композиционной формы. Татлин предвосхищает призыв Ле Корбюзье к архитекторам, чтобы они взглянули на инженерные сооружения, как на базу для создания новой архитектуры [11]. Татлин, задолго до таких великих и известных мастеров, как Фостер, Ле Корбюзье и Оскар Нимейер, создает проект железной «архитектурной машины по производству и трансляции информации», обращая свое внимание на постройки инженера Шухова В. Г., который является изобретателем первых в мире гиперболоидных конструкций и металлических сетчатых оболочек строительных конструкций (патенты Российской Империи № 1894, № 1895, № 1896; от 12 марта 1899 года, заявленные В. Г. Шуховым 27.03.1895–11.01.1896) [12, 13].

Московская радиобашня, постройка которой началась в 1920 году и завершилась в 1922 году в Москве Владимиром Григорьевичем Шуховым, российским строительным инженером и изобретателем в области добычи и переработки нефти, представляет собой монументальное архитектурное решение (рис. 8).

Ее форма ассоциируется с инженерной прагматикой и предвосхищает один из самых популярных современных стилей – хай-тек. Изначально башня Шухова служила военным целям и обеспечивала связь столицы с остальной территорией новой России. В дальнейшем, в 1937 году с этой башни была налажена экспериментальная трансляция коротковолновых телепередач (работы были проведены под контролем Шухова), но, приближаясь к современности, использовалась только для ретрансляции сотовой телефонной связи.

«Содержание» как декор – украшение, которого в рассматриваемой нами башне просто нет и «Форма» как логика и целесообразность, конструкция, которая в башне Шухова заложена на 100%, лежат в основе форм – организмов Природы, а также в творческой композиционной деятельности Человека по созданию объектов инженерной, архитектурной и дизайнерской мысли. Таким образом, эти две эстетические категории и дефиниции находятся в

пропорциональном соотношении, в определенном гармоничном балансе и неразрывном единстве [14]. Образ композиции – динамика развития во времени, благодаря спиралевидной форме можно провести параллель в образе с конструкциями Древнего мира, такими как Вавилонская башня. Динамика в движении проявляется благодаря уменьшению вверх ступенчатых форм.

В середине 20 века Останкинская телебашня (рис. 9), построенная в 1967 году, стала одной из самых известных архитектурных достопримечательностей Москвы. Она не только выполняет функции телевещания, но и становится символом технологического прогресса. Высота башни составляет 540 метров, и она долгое время оставалась самым высоким сооружением в Европе.

Нижний Новгород также не остался в стороне от современных архитектурных тенденций. Нижегородская телебашня (рис. 10), построенная в 1950-х годах, стала важным элементом городского ландшафта. Ее высота составляет 193 метра – это собственная высота башни (180 м) и надстройка в виде антенного шпиля-стойки (10,3 м), а также установленная на нем антенна (2,7 м). Башня имеет систему архитектурно-художественной подсветки. Благодаря уникальной концепции подсветки нижегородская телебашня получила оригинальное название – «Волго-Окский маяк».

Пензенская телебашня была построена как тип, характерный для советской архитектуры того времени, она стала символом прогресса и технологического развития. Башня выполнена из бетона и стали, имеет характерную высоту 180 метров. Это делает ее одной из самых высоких конструкций в Пензе и важным объектом для передачи телевизионных и радиосигналов в регионе. На башне предусмотрено три режима работы: вечерний, ночной и праздничный (рис. 11). Управление освещением позволяет программировать и отображать динамические эффекты, в том числе – визуализировать различные образы, такие как флаг России, Георгиевскую ленту, Северное сияние, световые часы, прогноз погоды и другие. Свет становится важным фактором формообразования в современном городе.

Москва, как столица России, сегодня представляет собой глобальный мегаполис, где старинные храмы соседствуют с современными небоскребами. Это создает уникальный городской ландшафт, который привлекает туристов и жителей.

Нижний Новгород, благодаря своему историческому наследию и современным архитектурным достижениям, стал важным культурным центром Поволжья. Город активно развивает свою инфраструктуру и стремится сохранить исторические памятники, в то же время преобразаясь.

Пенза, хотя и менее известна, но также претерпевает изменения. Открываются новые панорамы (рис. 12). Современные жилые комплексы и общественные культурные центры делают город более привлекательным.

Таким образом, показано, что изменения в архитектуре городов Москвы, Нижнего Новгорода и Пензы отразили как развитие технологий, так и социальные изменения в обществе. Сначала храмы символизировали духовность и власть, затем гражданская, светская архитектура начала отражать экономические и культурные изменения. Наконец, современные телебашни и их световой образ стали символами нового и новейшего времени, когда города стремятся к дальнейшему развитию с изменением облика.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лапшина, Е. Г. Анализ развития архитектурного образа города во времени / Е. Г. Лапшина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2010. – № 2 (14). – С. 74–82.
2. Объемно-пространственная композиция : учебное пособие для вузов / под редакцией А. В. Степанова. – Москва : Стройиздат, 1993. – 256 с. – ISBN 5-274-01301-5. – Текст : непосредственный.
3. Образное решение архитектурно-инженерной композиции: башня и свет / А. Р. Гайдук, Л. С. Сабитов, Р. Ф. Мирхасанов, Ю. В. Бочарова. – Текст : электронный // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – № 4(53). – С. 150–160. – DOI 10.54734/20722958_2022_4_150. – EDN MMOWFL.
4. Clayton, Peter A. Chapter 7: The Pharos at Alexandria: in The Seven Wonders of the Ancient World / Peter A. Clayton; Martin J. Price (eds.). – London : Routledge, 2013. – P. 11.
5. Загоскин, М. Искуситель / сочинение М. Загоскина. – Москва : В типографии Николая Степанова, 1838. – 244 с. – Текст : непосредственный.
6. Композиционный анализ: проект памятника III коммунистического Интернационала (Башня Татлина) / А. Р. Гайдук, Р. Ф. Мирхасанов, Л. С. Сабитов [и др.]. – Текст : электронный // Строительные материалы и изделия. – 2023. – Том 6, № 1. – С. 74–83. – DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-1-74-83.
7. Коротич, А. В. Актуальные аспекты развития современной высотной архитектуры / А. В. Коротич. – Текст : непосредственный // Градостроительство. – 2013. – № 2. – С. 49–59.
8. Перспективы развития нормативной базы высотного строительства в России / С. В. Николаев, А. А. Магай, Н. В. Дубынин, В. С. Зырянов. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2016. – № 12. – С. 3–6.
9. Fiber Gypsum Concrete Composites with Using Volcanic Tuff Sawing Waste / T. A. Khezhev, Yu. V. Pukhareno, Kh. A. Khezhev, S. V. Klyuev // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, № 8. – P. 2935–2946.
10. Nazarov, Yu. P. Long-period seismic effects and their influence on the structural strength of high-rise buildings / Yu. P. Nazarov, V. I. Travush // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2018. – T. 14, № 4. – С. 14–26.
11. Дмитриева, М. Д. Актуальность башни татлина в современной архитектуре / М. Д. Дмитриев. – Текст : непосредственный // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – 2017. – С. 242–243.
12. Loshakov, P. I. Modular structures as architectural environment arrangement / P. I. Loshakov // Construction Materials and Products. – 2022. – № 5 (1). – P. 37–53.
13. Травуш, В. И. 50-летний юбилей останкинской телебашни – железобетонного символа Москвы / В. И. Травуш. – Текст : непосредственный // Вестник НИЦ Строительство. – 2018. – № 1 (16). – С. 126–132.
14. Соколова, Е. В. Коммеморативные практики как способ формирования образа малого города в советский период (на материалах малых городов среднего Прииртышья) / Е. В. Соколова. – Текст : непосредственный // Исторический бюллетень. – 2021. – Том 4, № 4. – С. 80–85.



DANILENKO Kirill Aleksandrovich¹, postgraduate student of the chair of fundamentals of architectural design; LAPSHINA Elena Gennadevna² candidate of architecture, professor, holder of the chair of fundamentals of architectural design

DEVELOPMENT OF HIGH-RISE DOMINANT FROM TEMPLE TO TV TOWER: ARCHITECTURAL TRANSFORMATIONS OF THE PANORAMA OF MOSCOW, NIZHNY NOVGOROD AND PENZA

Penza State University of Architecture and Civil Engineering

28, Titova St., Penza, 440028, Russia.

Tel.: (841) 248-74-75; e-mail: ¹ artistbs@ya.ru, ² elenlaps@mail.ru

Key words: high-rise buildings, historical development, cultural heritage sites, city appearance, TV towers.

The article examines the dynamics of the development of high-rise buildings, which are accent visual elements in the urban landscape. Temples, bell towers, TV towers, radio towers are studied, which often act as high-rise dominants in the urban space, orienting residents and tourists on the terrain, becoming a kind of iconic beacons.

REFERENCES

1. Lapshina E. G. Analiz razvitiya arkhitekturnogo obraza goroda vo vremeni [Analysis of the development of the architectural image of the city in time]. *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorodskiy gos. arkh.-str. un-t. Nizhny Novgorod, 2010, № 2 (14), P. 74–82.
2. Obemno-prostranstvennaya kompozitsiya [Volumetric-spatial composition] : uchebnoe posobie dlya vuzov / pod redaktsiei A. V. Stepanova. Moscow, Stroyizdat, 1993, 256 p., ISBN 5-274-01301-5.
3. Gayduk A. R., Sabitov L. S., Mirkhasanov R. F., Bocharova Yu. V. Obraznoe reshenie arkhitekturno-inzhenernoy kompozitsii: bashnya i svet [Figurative solution of architectural and engineering composition: tower and light]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo* [Regional Architecture and Construction], 2022, № 4(53), P. 150–160. DOI 10.54734/20722958_2022_4_150. EDN MMOWFL.
4. Clayton Peter A. Chapter 7: The Pharos at Alexandria: in *The Seven Wonders of the Ancient World* / Peter A. Clayton; Martin J. Price (eds.). London, Routledge, 2013, P. 11.
5. Zagoskin M. Iskusitel [The Tempter] / sochinenie M. Zagoskina. Moscow, V tipografii Nikolaya Stepanova, 1838, 244 p.
6. Gayduk A. R., Mirkhasanov R. F., Sabitov L. S [et al.] Kompozitsionnyy analiz: projekt pamyatnika III kommunisticheskogo Internatsionala (Bashnya Tatlina) [Compositional analysis: project of the monument to the III Communist International (Tatlin's Tower)]. *Stroitelnye materialy i izdeliya* [Construction Materials and Products], 2023, Vol. 6, № 1, P. 74–83. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-1-74-83.
7. Korotich A. V. Aktualnye aspekty razvitiya sovremennoy vysotnoy arkhitektury [Actual aspects of the development of modern high-rise architecture]. *Gradostroitelstvo* [Urban planning], 2013, № 2, P. 49–59.
8. Nikolaev S. V., Magay A. A., Dubynin N. V., Zyryanov V. S. Perspektivy razvitiya normativnoy bazy vysotnogo stroitelstva v Rossii [Prospects for the development of the regulatory framework for high-rise construction in Russia]. *Zilishchnoe stroitelstvo* [Housing construction], 2016, № 12, P. 3–6.



9. Khezhev T. A., Pukhareno Yu. V., Khezhev Kh. A., Klyuev S. V. Fiber Gypsum Concrete Composites with Using Volcanic Tuff Sawing Waste. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2018, Vol. 13, № 8, P. 2935–2946.
10. Nazarov Yu. P., Travush V. I. Long-period seismic effects and their influence on the structural strength of high-rise buildings. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2018, Vol. 14, № 4, P. 14–26.11.
11. Dmitrieva M. D. Aktualnost bashni tatlina v sovremennoy arkhitekture [The relevance of Tatlin's Tower in contemporary architecture]. *Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie* [Science, Education, and Experimental Design]: tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, professorsko-prepodavatel'skogo sostava, molodykh uchenykh i studentov. 2017, P. 242–243.
12. Loshakov P. I. Modular structures as architectural environment arrangement. *Construction Materials and Products*. 2022, № 5 (1), P. 37–53.
13. Travush V. I. 50-letniy yubiley ostankinskoy telebashni – zhelezobetonnoy simvola Moskvy [The 50th anniversary of the Ostankino Tower – a reinforced concrete symbol of Moscow]. *Vestnik NITs Stroitel'stvo* [Bulletin of the Scientific Research Center for Construction]. 2018, № 1 (16), P. 126–132.
14. Sokolova E. V. Kommemorativnye praktiki kak sposob formirovaniya obraza malogo goroda v sovetskiy period (na materialakh malykh gorodov srednego Priirtyshya) [Commemorative practices as a way of forming the image of a small town in the Soviet period (based on materials from small towns in the Middle Irtysh region)]. *Istoricheskiy byulleten* [Historical Bulletin]. 2021, Vol. 4, № 4, P. 80–85.

© К. А. Даниленко, Е. Г. Лапшина, 2025

Получено: 01.11.2024 г.



УДК 72.01+[72.06: 316.772.2]

В. А. ДЕДОВ, аспирант кафедры теории и практики архитектурного проектирования

**АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБРАЗ КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ
АРХИТЕКТУРЫ И СОВОКУПНОСТЬ СИГНАЛОВ:
АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84.

Тел.: +7 (910) 283-71-51; эл. почта: dedov.viktor@inbox.ru

Ключевые слова: архитектурный образ, архитектура, информационная модель, сигналы, категории, социальная коммуникация.

В статье конкретизируется понятие архитектурного образа с точки зрения социальной коммуникации. Проводится обзорный анализ теоретических представлений о структуре архитектурного образа. С помощью индуктивного метода формулируются наиболее характерные категории сигналов, из которых, в процессе восприятия, формируется архитектурный образ. Представлена Схема основных категорий сигналов, из которых состоит архитектурный образ, как информационная модель архитектуры.

Введение. Понятие архитектурного образа повсеместно фигурирует в научном дискурсе, однако комплексное понимание его структуры пока не сформировано, в том числе в силу того, что теоретики делают акценты на различных аспектах. С точки зрения социальной коммуникации, архитектурный образ можно считать информационной моделью физической архитектуры, где архитектура остаётся гипотетически непознаваемой вещью-в-себе (по И. Канту [1]), а архитектурный образ становится гипотетически познаваемой вещью-для-нас (по И. Канту [1]). Согласно ранее проведённому анализу [2], текущий период развития представлений об архитектуре характеризуется информационной дискретностью, что позволяет рассматривать информационную модель архитектуры как совокупность сигналов, которые реципиент получает от архитектуры в процессе восприятия. Такое рассмотрение понятия позволяет обобщить и обосновать с помощью социальной коммуникации разрозненные представления теоретиков.

Цель статьи – формулировка основных категорий сигналов архитектурного образа. Задачи статьи: 1) обзор актуальных представлений о понятии архитектурного образа; 2) обобщение ключевых представлений в категории; 3) конкретизация основных категорий сигналов архитектурного образа. Научная новизна заключается в систематизации актуальных концепций и конкретизации понятия. Актуальность темы обосновывается минимальным количеством исследований архитектуры через призму социальной коммуникации – на текущий момент ключевые слова «архитектура», «сигналы», «коммуникация» в подавляющем большинстве соответствуют научным трудам по программированию и информационным технологиям.

1. Обзор актуальных представлений о понятии архитектурного образа. Сам по себе образ, как результат познавательной деятельности человека, сформированный совокупностью свойств, изучен в исследовании



Василенко Н. А. [3]. Физиологические особенности его восприятия (прежде всего зрительного) подробно раскрыла Истомина С. А., а восприятие архетипических форм изучили Коськов М. А. и Харитонов М. Е. Вопрос архитектурного сообщения как социальной коммуникации изучили Козинцева М. Ю. и Кирсанова Л. И., делая, однако, больший акцент на так называемых кодах шифровки и дешифровки. Данные исследования закладывают важный базис для понимания как восприятия образа, так и его коммуникативной функции, что, обобщая исследования последних 5 лет, позволяет выделить два вектора рассмотрения.

Первый вектор: материалистическое эксплицитное представление об образе, как *облике* городской среды. Изучение архитектурного образа через то, как он формирует эмоциональный отклик, ознаменовало исследование культурологического аспекта восприятия архитектурного пространства Сохацкой Д. Г. [4], в то время как Капцевич О. А. изучила смысловые аспекты восприятия среды [5], а Ястребова Е. Д. и Чистякова М. А. в своих трудах резюмируют влияние архитектуры на психологическое состояние горожан [6]. Также к этому вектору относятся изучение архитектуры, как пространственного повествования исследователя *Fangqing Lyu* [7] и коммуникации внутри городской среды посредством медиатизации, раскрытой исследователями *Gabriela Christmann, Ajit Singh, Jörg Stollmann*, а также *Christoph Bernhardt* [8].

Второй вектор: идеалистическое имплицитное представление об образе, как *отсылке* и семиотическом феномене. Переходным звеном между векторами может считаться изучение визуального пространства города через семиотический подход Курохтиной С. Р. [9], совместно с которым стоит рассмотреть углублённое исследование семиотизированного пространства Чертова Л. Ф. [10]. Далее стоит отметить обзор мировых тенденций семиотики пространства Лавреновой О. А. [11] и анализ возможности использования терминов семиотики в архитектуре Василёвой Т. В. [12]. Изучение архитектурного образа через то, как эмоциональный отклик влияет на его транскрибирование, ознаменован продолжением традиции семиотических представлений о языке архитектуры. Это Жуков Д. Д. рассматривает через культурный и визуальный коды [13], а глубокая проработка темы «иконичности» и референтности в современной архитектуре произведена Худиным А. А. [14].

Наблюдается взаимодополняемость и некая рекурсивность этих двух векторов представлений в виду того, что *облик* и *отсылка* сводятся к *эмоциональному переживанию* (ради которого *облик* и *отсылка* существуют), а архитектурный образ несводим к *облику* или *отсылке*. Архитектурный образ является информационным «слепком» архитектуры, в то время как *эмоциональное переживание* является «слепком» архитектурного образа, то есть «слепком» «слепок». Эмоции выводятся из границ данного исследования для возможности предметного изучения коммуникативной составляющей архитектурного образа, как результата восприятия с точки зрения социальной коммуникации. Это приводит к выводу о некой несостоятельности актуальных представлений об архитектурном образе. Причиной этого может служить нерелевантность существующих в индустрии принципов, описанная Майоровой К. С. в исследовании новых онтологий архитектуры, что, в том числе, рассматривает Дущев М. В. [15]. И если Ткачев В. Н. под аберрацией архитектуры подразумевает внутривнутрипрофессиональные противоречия и негативные стороны перемен в

архитектуре [16], то Дущев М. В. прямо говорит о существовании кризиса коммуникации посредством архитектуры уже между архитекторами и потребителями [17] и предлагает собрать в едином поле константы этого междисциплинарного процесса.

2) Обобщение ключевых представлений в категории. При расширении временных границ исследования появляется возможность выделения так называемых констант, обособляемых по функции передаваемой информации, характеризующих архитектуру и формирующих архитектурный образ. Данные представлены в виде компиляции определений по формуле: «Учёный: понятие (пояснение на основе позиции учёного)».

I. ИНФОРМАЦИЯ О ФИЗИЧЕСКОМ ПОЛОЖЕНИИ АРХИТЕКТУРЫ. Дущев М. В.: истинная «архитектурность» [18] (*особая витальная пространственность и интегративность*). Иконников А. В.: форма среды [3] (*отражение архитектурной среды в общественном сознании*). Мардер А. П.: структурная функция [3] (*архитектурный образ здания является подсистемой архитектурного образа улицы*). Шилин В. В.: архитектура, как среда (*создание атмосферы нашего окружения*). Янковская Ю. С.: образ ориентации (*формирует психологическое пространство действия, определяющее характер движения и эмоциональные состояния человека*). *Klatner Michael* (совместно с Глебовой Н. М. и Дружининой И. Е.): культурно-исторические коды места (*когнитивно распознаваемый «дух места»*).

II. ИНФОРМАЦИЯ О ФУНКЦИИ АРХИТЕКТУРЫ. Жуков Д. Д.: визуальный код (*совокупность архетипически понимаемых принципов создания архитектуры*). Иконников А. В.: выражение функционального назначения [3] (*отражается во внешнем облике архитектурного произведения*). Шилин В. В.: архитектурная функция (*архитектура как процесс*). Янковская Ю. С.: образ узнавания (*ограничивает сферу значений по функциональному признаку*). *Italo Gamberini*: конститутивные знаки (*матрицы организации внутреннего пространства*). *Umberto Eco*: семантические коды [19] (*артикуляция архитектурных элементов, артикуляция по типам сооружений*).

III. ИНФОРМАЦИЯ О ФОРМЕ АРХИТЕКТУРЫ. Баронкина А. Б. (совместно с Бондаревой Е. В. и Загорской М. А.): образ как форма (*синтез конструктивной определённости и метафоричной формы*). Иконников А. В.: лицо архитектуры [3] (*общий облик архитектурного объекта*). Мардер А. П.: семантическая функция [3] (*определяется предметным значением архитектурного образа*). Федоров В. В.: форма существования культуры (*в виде упорядоченных элементов в среде*). Шилин В. В.: архитектура как искусство (*когда решаются «первичные» эстетические запросы и гармонизация*). *Umberto Eco*: синтаксические коды [19] (*архитектурная форма через логику структуры*).

IV. ИНФОРМАЦИЯ О ВЕРБАЛИЗУЕМОСТИ АРХИТЕКТУРЫ. Баронкина А. Б. (совместно с Бондаревой Е. В. и Загорской М. А.): образ как произведение искусства (*артефакт, основанный на семантически подвижных метафорах*). Дущев М. В.: исконно художественное как основание витальности в архитектуре [18] (*языки искусства*). Федоров В. В.: способ коммуникации (*архитектура представляет систему элементов-знаков и может трактоваться как архитектурный текст*). Янковская Ю. С.: образ интерпретации (*формирует веер социально предопределённых значений и субъективных смыслов*). *Charles*

Jencks: метафора, слова, синтаксис и семантика (способы архитектурной коммуникации).

V. ИНФОРМАЦИЯ О ФОРМЕ СОДЕРЖАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ. Баронкина А. Б. (совместно с Бондаревой Е. В. и Загорской М. А.): образ как процесс (*архитектор работает не с самим образом или формой напрямую, а с процессом его развития и трансформации*). Лотман Ю. М.: форма передачи информации (*влияет на непосредственно передаваемый поток информации*). Федоров В. В.: материально воплощённый способ хранения и передачи информации (*которым в пространстве социального выступает архитектурно-ландшафтная среда*). *Charles Jencks*: объекты «инфопространства» (*анимационная многообразная вариантность*).

VI. ИНФОРМАЦИЯ О СОЦИАЛЬНОМ БАЗИСЕ АРХИТЕКТУРЫ. Дущев М. В.: витальное как социальный проект [18] (*населённость и востребованность городских пространств*). Мардер А. П.: ценностная характеристика [3] (*способность удовлетворить те или иные материальные или духовные потребности*). Федоров В. В.: отражение материальной жизни (*индивида, социальной группы, социума в целом*). *Clotaire Rapaille*: культурный код (*бессознательный смысл той или иной вещи или явления в контексте культуры, в которой мы воспитаны*). *Umberto Eco*: антропологические коды [19] (*культурное значение предмета изучения просемики*).

VII. ИНФОРМАЦИЯ О ПОЛОЖЕНИИ АРХИТЕКТУРЫ В КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ. Баронкина А. Б. (совместно с Бондаревой Е. В. и Загорской М. А.): образ как философия (*демонстрация эмоционального и общекультурного уровня выразительности посредством визуализации духовных ценностей*). Янковская Ю. С.: образ интуиции (*раскрывает бытийный аспект и способствует процессу экзистенциального переживания себя в мире*). Лотман Ю. М.: культурный код (*совокупность возможных связей между смысловыми элементами и знаками создает объёмный смысл*). Федоров В. В.: продукт определённой эпохи (*совокупность концептуальных характеристик*). *Roland Barthes*: культурный код (*перспектива цитации, «код человеческого знания», к которому отсылает произведение*).

3) Конкретизация основных категорий сигналов архитектурного образа. Возможность рассмотрения архитектурного образа как совокупности сигналов позволяет обобщить разрозненные представления о всей информации, которую транслирует архитектура, с помощью Метода социальных коммуникаций [20] в виде схемы (рис. 1).

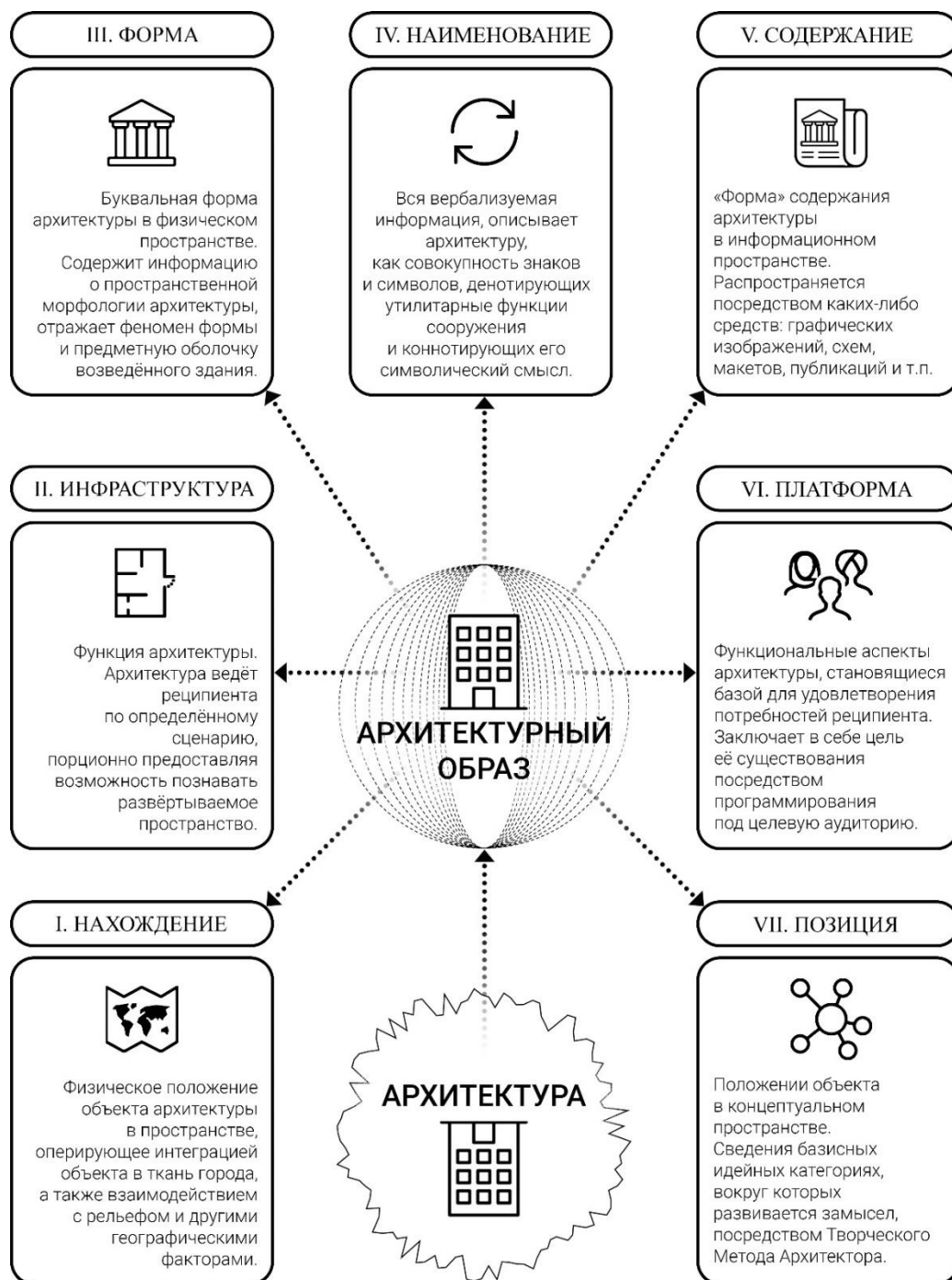


Рис. 1. Схема основных категорий сигналов, из которых состоит архитектурный образ, как информационная модель архитектуры

**Выводы.**

1) Анализ актуальных представлений (источники, опубликованные за последние 5 лет) о понятии архитектурного образа даёт понимание, что понятие является аксиоматичным и рассматривается, как апостериорное знание. Собранный материал не дал полного понимания понятия архитектурного образа, что потребовало расширение временных границ исследования.

2) Обобщение ключевых представлений теоретиков в категории позволило выявить 7 взаимосвязанных функциональных характеристик сигналов, которые формируют архитектурный образ в сознании реципиента. Избранные ключевые представления включают в себя мнения различных учёных (философов, архитекторов, искусствоведов и т.д.), предметно раскрывающих многогранное с точки зрения социальной коммуникации понятие архитектурного образа.

3) Конкретизация основных категорий сигналов архитектурного образа была произведена методом схематизации. Предложена «Схема основных категорий сигналов, из которых состоит архитектурный образ, как информационная модель архитектуры», что представляет научную новизну исследования.

Полученные результаты исследования позволяют предметно изучать восприятие архитектуры, формирование архитектурного образа в теории и на практике, а также улучшить как внутрипрофессиональные, так и межпрофессиональные коммуникации в индустрии архитектуры и образовательной среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мешков, И. М. «Аксиологическая предметность» в системе ценностных ориентаций немецкого и русского неокантианства / И. М. Мешков. – Текст : непосредственный // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 5-6. – С. 62–67.

2. Дедов, В. А. Архитектура через призму социально-антропологической семиотики коммуникаций: генезис усложнения представлений / В. А. Дедов, Е. В. Кокорина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – 2024. – № 2 (70). – С. 174–182.

3. Василенко, Н. А. Составляющие архитектурного образа объемно-пространственных форм / Н. А. Василенко, Ю. В. Погорелова. – Текст : непосредственный // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок : в 4 томах, Курск, 01 декабря 2022 года.. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – Том 3. – С. 284-286.

4. Сохацкая, Д. Г. Прикладные аспекты восприятия архитектурного пространства / Д. Г. Сохацкая. – Текст : непосредственный // Вестник культуры и искусств. – 2019. – № 1 (57). – С. 121-128.

5. Капцевич, О. А. Смысловые аспекты восприятия различных типов жилых зданий по результатам ассоциативного эксперимента / О. А. Капцевич. – Текст: электронный // Экспериментальная психология. – 2022. – Том 15, № 1. – С. 103–121. – URL: https://psyjournals.ru/journals/exppsy/archive/2022_n1/Kaptsevich (дата обращения: 14.06.2024). – DOI: 10.17759/exppsy.2022150107.

6. Ястребова, Е. Д. Влияние тенденций современной архитектуры на психологию городских жителей / Е. Д. Ястребова, М. А. Чистякова. – Текст : электронный // X Всероссийский фестиваль науки : сборник докладов, Нижний Новгород, 14–15 октября 2020 года / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. –

- Нижний Новгород, 2020. – С. 871–874. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44431348> (дата обращения: 14.06.2024). – Режим доступа : для зарегистрированных пользователей.
7. Fangqing L. Architecture as spatial storytelling: Mediating human knowledge of the world, humans and architecture / L. Fangqing. – Текст: электронный // *Frontiers of Architectural Research*. – 2019. – Vol. 8, № 3. – P. 275–283. – DOI 10.1016/j.foar.2019.05.002.
8. Visual Communication in Urban Design and Planning: The Impact of Mediatisation(s) on the Construction of Urban Futures / G. Christmann, A. Singh, J. Stollmann [et al.]. – Текст : электронный // *Urban Planning*. – 2020. – № 5 (2). – P. 1–9. – DOI 0.17645/up.v5i2.3279.
9. Курохтина, С. Р. Визуальное пространство города: семиотический подход / С. Р. Курохтина. – Текст : непосредственный // *Известия Саратовского университета Новая серия. Серия. «Философия. Психология. Педагогика»*. – 2020. – Том 20, № 4. – С. 364–368.
10. Чертов, Л. Ф. Семиотизированные пространства в культуре / Л. Ф. Чертов. – Текст : непосредственный // *Человек : образ и сущность. Гуманитарные аспекты*. – 2021. – № 1 (45). – С. 9–32.
11. Лавренова, О. А. «Семиотика пространства: архитектура и территории различий. Дань памяти Пьера Пеллегрини». Секция на XV Всемирном семиотическом конгрессе / О. А. Лавренова. – Текст : непосредственный // *Человек: Образ и сущность. Гуманитарные аспекты*. – 2023. – № 1 (53). – С. 161–170.
12. Василёва, Т. В. Смысловое наполнение терминов «семантика», «язык», «семиотика» в лингвистике и архитектуре / Т. В. Василёва. – Текст : непосредственный // *Наука, образование и экспериментальное проектирование*. – 2020. – № 1. – С. 175–178.
13. Жуков, Д. Д. Культурный и визуальный коды в архитектуре / Д. Д. Жуков, О. Ю. Брусочкин. – Текст : непосредственный // *Архитектура : сборник научных трудов / редколлегия А. С. Сардаров (гл. ред.) [и др.]*. – Минск, 2023. – Выпуск 16. – С. 23–28.
14. Худин, А. А. Иконические знаки в теории архитектуры постмодернизма / А. А. Худин. – Текст : электронный // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2021. – № 3. – С. 34–40. – DOI 10.22337/2077-9038-2021-3-34-40.
15. Дуцев, М. В., Курбатов, А. А. К новым онтологиям в архитектуре. Часть 1. Эволюция онтологических схем / М. В. Дуцев, А. А. Курбатов. – Текст : непосредственный // *Приволжский научный журнал*. – 2024. – № 2 (70). – С. 156–162.
16. Ткачев, В. Н. Аберрация архитектуры / В. Н. Ткачев. – Текст : электронный // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2020. – № 2. – С. 86–91. – DOI 10.22337/2077-9038-2020-2-86-91.
17. Дуцев, М. В. Художественная коммуникация современной архитектуры: среда, пользователь, архитектор / М. В. Дуцев. – Текст: электронный // *Современная архитектура мира: основные процессы и направления развития : тезисы докладов XIV Международной научной конференции, Москва, 02–03 октября 2023 года*. – Москва, 2023. – С. 21. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54653104> (дата обращения: 11.06.2024).
18. Дуцев, М. В. Архитектурная среда. Витальное измерение / М. В. Дуцев. – Текст: электронный // *Художественная культура*. – 2021. – № 2 (37). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnaya-sreda-vitalnoe-izmerenie> (дата обращения: 11.06.2024).
19. Эко, Умберто *Отсутствующая структура. Введение в семиологию* / Умберто Эко ; перевод с итальянского В. Резник и А. Погоняйло. – Москва : АСТ : CORPUS, 2019. – 704 с. – Текст : непосредственный.
20. Дедов, В. А. Метод социальных коммуникаций, как перцептивный аппарат архитектурного проектирования / В. А. Дедов, Е. В. Кокорина. – Текст : непосредственный // *Студент и наука*. – 2020. – № 4 (15). – С. 4–8.



DEDOV Viktor Alekseevich, postgraduate student of the chair of theory and practice of architectural design

**ARCHITECTURAL IMAGE AS AN INFORMATION MODEL OF
ARCHITECTURE AND A COMBINATION OF SIGNALS:
STRUCTURE ANALYSIS**

Voronezh State Technical University

84, 20-letiya Oktyabrya St., Voronezh, 394006, Russia.

Tel.: +7 (910) 283-71-51; e-mail: dedov.viktor@inbox.ru

Key words: architectural image, architecture, information model, signals, categories, social communication

The article specifies the concept of architectural image from the social communication point of view. A review analysis of theoretical ideas about the structure of the architectural image is carried out. Using the inductive method, the most characteristic categories of signals are formulated, from which, in the process of perception, an architectural image is formed. . A diagram of the main categories of signals making up the information model is presented.

REFERENCES

1. Meshkov I. M. «Aksiologicheskaya predmetnost» v sisteme tsennostnykh orientatsiy nemeckogo i russkogo neokantianstva [“Axiological objectivity” in the system of value orientations of German and Russian neo-Kantianism]. *Mezhdunarodny zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Sciences]. 2024, № 5-6, P. 62–67.
2. Dedov V. A., Kokorina E. V. Arkhitektura cherez prizmu socialno-antropologicheskoy semiotiki kommunikatsiy: genezis uslozhneniya predstavleniy [Architecture through the prism of socio-anthropological semiotics of communications: the genesis of the complication of ideas]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2024, № 2 (70), P. 174–182.
3. Vasilenko N. A. Sostavlyayushchie arkhitekturnogo obraza obemno-prostranstvennykh form [Components of the architectural image of volumetric-spatial forms]. *Innovatsionny potencial razvitiya obshchestva: vzglyad molodykh uchenykh* [Innovative potential for the development of society: the view of young scientists] : sbornik nauchnykh statey 3-y Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii perspektivnykh razrabotok. Kursk: Yugo-Zapadny gosudarstvenny universitet, 2022, № 3, P. 284-286.
4. Sohachaya D. G. Prikladnye aspekty vospriyatiya arkhitekturnogo prostranstva [Applied aspects of perception of architectural space]. *Vestnik kultury i iskusstv* [Bulletin of Culture and Arts]. 2019, № 1 (57), P. 121-128.
5. Kapcevich O. A. Smyslovye aspekty vospriyatiya razlichnykh tipov zhilykh zdaniy po rezultatam asociativnogo eksperimenta [Semantic aspects of perception of various types of residential buildings based on the results of an associative experiment]. *Eksperimentalnaya psikhologiya* [Experimental psychology]. 2022, №15 (1), P. 103–121.
6. Yastrebova E. D. Vliyaniye tendentsiysovremennoy arkhitektury na psikhologiyu gorodskikh zhiteley [The influence of modern architecture trends on the psychology of urban residents]. *X Vserossiyskiy festival nauki* [X All-Russian Science Festival]. sbornik dokladov. Nizhny Novgorod, Nizhegorodsky gos. arkh.-str. un-t, 2020, P. 871–874.
7. Fangqing L. Architecture as spatial storytelling: Mediating human knowledge of the world, humans and architecture / L. Fangqing. // *Frontiers of Architectural Research*. – 2019. – Vol. 8, № 3. – P. 275–283. – DOI 10.1016/j.foar.2019.05.002.

8. Visual Communication in Urban Design and Planning: The Impact of Mediatization(s) on the Construction of Urban Futures / G. Christmann, A. Singh, J. Stollmann [et al.]. // *Urban Planning*. – 2020. – № 5 (2). – P. 1–9. – DOI 0.17645/up.v5i2.3279.
9. Kurokhtina S. R. Vizualnoe prostranstvo goroda: semioticheskiy podkhod [Visual space of the city: semiotic approach]. *Izvestiya of Saratov University. Philosophy. Psychology. Pedagogy* [News of Saratov University. Philosophy. Psychology. Pedagogy]. 2020, № 20 (4), P. 364–368.
10. Chertov L. F. Semiotizirovannye prostranstva v kulture [Semiotized spaces in culture]. *Chelovek: Obraz i sushchnost. Gumanitarnye aspekty* [Man: Image and essence. Humanitarian aspects]. 2021, №1 (45), P. 9–32.
11. Lavrenova O. A. «Semiotika prostranstva: arkhitektura i territorii razlichiy. Dan pamyati P'era Pellegrino» [“Semiotics of space: architecture and territories of difference. Tribute to the memory of Pierre Pellegrino.”]. *Chelovek: Obraz i sushchnost. Gumanitarnye aspekty* [Man: Image and essence. Humanitarian aspects]. *Sektsiya na XV Vsemirnom semioticheskom kongresse*. 2023, №1 (53), P. 161–170.
12. Vasilyova T. V. Smyslovoe napolnenie terminov «semantika», «yazyk», «semiotika» v lingvistike i arkhitekture [The semantic content of the terms “semantics”, “language”, “semiotics” in linguistics and architecture]. *Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie* [Science, education and experimental design]. 2020, № 1, P. 175–178.
13. Zhukov D. D. Kulturny i vizualny kody v arkhitekture [Cultural and visual codes in architecture]. *Arkhitektura* [Architecture]: sbornik nauchnykh trudov. Minsk, BNTU, 2023, №. 16, P. 23–28.
14. Khudin A. A. Ikonicheskie znaki v teorii arkhitektury postmodernizma [Iconic signs in the theory of postmodern architecture]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo* [Academia. Architecture and construction]. 2021, № 3, P. 34–40.
15. Dutsev M. V., Kurbatov A. A. K novym ontologiyam v arkhitekture. Chast 1. Evolyuciya ontologicheskikh skhem [Towards new ontologies in architecture. Part 1. Evolution of ontological schemes]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2024, № 2 (70), P. 156–162.
16. Tkachev V. N. Aberratsiya arkhitektury [Aberration of architecture]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo* [Academia. Architecture and construction]. 2020, № 2, P. 86–91.
17. Ducev M. V. Khudozhestvennaya kommunikatsiya sovremennoy arkhitektury: sreda, polzovatel, arkhitekt [Artistic communication of modern architecture: environment, user, architect]. *Sovremennaya arkhitektura mira: osnovnye processy i napravleniya razvitiya* [Modern architecture of the world: main processes and directions of development]. *teziy dokladov XIV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. Moscow, 2023, P. 21.
18. Ducev M. V. Arkhitekturnaya sreda. Vitalnoe izmerenie [Architectural environment. Vital dimension]. *Khudozhestvennaya kultura* [Art culture]. 2021, № 2 (37), P. 8–37.
19. Eco Umberto Otsutstvuyushchaya struktura. Vvedenie v semiologiyu [Missing Structure. An Introduction to Semiology]. Moscow, Izdatelstvo AST : CORPUS, 2019, 704 p.
20. Dedov V. A., Kokorina E. V. Metod sotsialnykh kommunikatsiy, kak pertseptivnyy apparat arkhitekturnogo proektirovaniya [The method of social communications as a perceptual apparatus of architectural design]. *Student i nauka* [Student and science]. 2020, № 4 (15), P. 4–8.

© В. А. Дедов, 2025

Получено: 30.08.2024 г.



УДК 72.03:[725.5+725.8]

О. В. КИСЕЛЕВА, аспирант кафедры архитектурного и средового проектирования

ПРЕДПОСЫЛКИ СТАНОВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ СПОРТИВНЫХ МЕДИКО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

ФГАО ВО «Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета»

Россия, 344080, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Тел.: 8 (863) 240-21-78; эл. почта: aai@sfnu.ru

Ключевые слова: реабилитационный центр для спортсменов, медицинские здания, история архитектуры, архитектурно-планировочные особенности, тенденции.

Раскрываются условия возникновения медико-восстановительных центров для спортсменов на примере эволюции медицинской архитектуры, историческими этапами которой явились асклепионы в Древней Греции, виллитудинарии в древнем Риме, госпитали в раннем Средневековье; лепрозории в эпоху Возрождения; институты спортивной медицины в Новое время. Сравниваются архитектурно-планировочные решения разных периодов с позиций функции реабилитации, выявляются предпосылки формирования современных реабилитационных центров для спортсменов.

С течением времени человеческое общество проделало значительный путь в понимании процесса реабилитации, в том числе и в области спортивной медицины. Физическая культура и спорт являются важными элементами в укреплении здоровья человека, его физическом развитии, образовании и профилактике заболеваний. Взаимосвязь между физической культурой и медициной была описана еще в античной литературе. Так древние культуры считали составной частью религиозно-философских и гигиенических представлений элементы физической культуры [1, 2].

На протяжении тысячелетий, наряду с развитием медицины, архитектура лечебных зданий отражала дух времени и была тесно взаимосвязана с общественными потребностями людей в реабилитации. История возникновения центров реабилитации связана с изменениями в здравоохранении и социальной помощи, призванными восстанавливать физические, психические и социальные функции у людей после болезней, травм и зависимостей. Литературные источники по истории медицины и данные археологических раскопок дают возможность утверждать, что первые шаги к систематической реабилитации и первые постройки, предназначенные для осуществления врачебной и реабилитационной помощи, существовали в составе культовых комплексов в крупных городах **Древнего мира** [1-3].

В больничной архитектуре античности использовалась линейно-ячейковая планировочная организация помещений. Основными планировочными элементами являлись большой двор внутри здания, по периметру которого размещались жилые и вспомогательные помещения. Это можно проследить на примере одной из первых лечебниц в истории, дошедших до наших дней. Она входила в состав грандиозного комплекса вокруг храма богини Хатхор в Дендере в Древнем Египте (рис. 1) [4].

В Древней Греции оказание медицинской помощи осуществлялось либо в хорошо приспособленных лечебницах при доме врача, либо в комплексах при храмах бога медицины, которые назывались *асклепионами*. Самым известным из них является асклепион Пергама (рис. 1). Комплекс демонстрирует бескоридорную планировочную схему с коммуникационным пространством зального типа. Открытый двор стал элементом внутренней структуры здания. Демонстрируется интровертная структура, которая обеспечивает атмосферу покоя и тишины [5].

В Римской империи для лечения и реабилитации строились *госпитали* – *валетудинарии*. Это типовые постройки с внутренним двором, где базовой планировочной схемой являлась двухсторонняя коридорно-кольцевая система. Жесткая планировочная центричность связана как с санитарно-гигиеническими стандартами, так и с требованиями безопасности в связи с размещением объекта в зоне боевых действий [3].

В те времена воины и спортсмены восстанавливались после травм с помощью физических упражнений и массажа, однако не было специализированных центров, и помощь была эпизодической и несистематизированной.



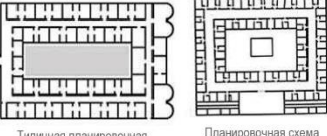
Исторический этап/ эпоха	Пример	Основные особенности и тенденции
ДРЕВНИЙ ЕГИПЕТ	 Планировочная схема Храмового комплекса в Дендере, Египет	<ul style="list-style-type: none"> - линейно-ячейковая планировочная структура; - основной планировочный элемент- большой внутренний двор
ДРЕВНЯЯ ГРЕЦИЯ	 Планировочная схема Асклепиона в Пергаме	<ul style="list-style-type: none"> - бескоридорная планировочная схема - зальный тип коммуникационных пространств - интровертная структура-атмосфера покоя и тишины - асклепионы- лечебные комплексы при храмах бога медицины.
ДРЕВНИЙ РИМ	 Типичная планировочная схема римского валетудинария	<ul style="list-style-type: none"> - типовые постройки с внутренним двором - здания прямоугольной формы - жесткая планировочная центричность - планировочная схема- двухсторонняя коридорно- кольцевая - госпитали- валетудинарии

Рис. 1. Особенности объемно-планировочных решений в больничной архитектуре Древнего мира

В эпоху Раннего Средневековья (конец V – середина XI века) развитие организационных форм оказания медицинской помощи и само отношение к реабилитации значительно ухудшилось. Уход за больными и инвалидами сосредотачивался только при монастырях, в отдельно организованных помещениях, где монахи помогали физически ослабленным людям, применяя примитивные методы восстановления.

С начала IX века лечебной частью монастырей были лепрозории, которые располагались за пределами монастырей. Они состояли из маленьких келий для больных, небольшой капеллы и дома для персонала. К началу XI века большинство монастырей уже имело свои госпитали для больных монахов и бедных мирян с помещениями для оказания элементарной медицинской помощи [6].

В XII–XV века практическая медицина стала разворачиваться в городских зданиях. Госпитали обособились в самостоятельную архитектурную типологию, однако непосредственное соседство медицинской и духовной опеки оставалось обязательным. Городской госпиталь сочетал функции больницы и приюта для нуждающихся, оставаясь при этом духовным институтом. Ярким примером средневековой городской больницы является госпиталь для тяжелобольных в Боне. Госпиталь представлял собой большой городской дом с внутренним двором с центрично-кольцевой планировочной схемой организации пространства (рис. 2).

Благодаря развитию физики, в Средние века описывались и использовались механические, электрические и магнитные факторы лечения. Тогда же стали появляться упоминания о восстановительной медицине и впервые в 1439 г. католический монашеский орден (цистерцианцы) стал использовать термин «реабилитация» [3].

Наряду с этим развивается и структура лечебных зданий. Демонстрируется постепенное усложнение планировочных схем, связанное с функциональными процессами лечебной и восстановительной медицины. Новые методы лечения обусловили появление блочной (павильонной) структуры сооружений. Структурные элементы объединяются клуатрами, галереями, коридорами или небольшими связками-переходами. Сформировались две устойчивых типологических модели больничного здания: зальная (обширный удлиненный зал с боковым освещением); коридорная (мелкоячеистые помещения по одной или обеим сторонам коридора). В качестве примера можно рассмотреть госпиталь Святого Духа в Любеке (рис. 2). Планировочной основой госпиталя являлся длинный зал для больных, на одном из концов которого находился алтарь, при котором велись регулярные богослужения [6].

Эпоха Возрождения стала одним из главных этапов развития лечебных зданий. В этот период большинство больниц передавалось из церковной в государственную собственность, повсеместно увеличивалось число больничных зданий, что способствовало доступности лечения всем слоям населения. Особенностью госпиталей эпохи Возрождения является усиление внимания к комфорту пациентов. Строились первые крупные сооружения со строгой композиционной симметрией. Помещения формировались по многоячейковой системе, широко практиковалось сложное разделение пациентов по статусу, полу и возрасту. Разрабатывались вопросы обеспечения санитарного состояния комплексов.

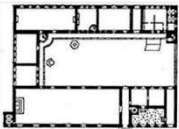


Исторический этап/ эпоха	Пример	Основные особенности и тенденции
СРЕДНЕВЕКОВЬЕ (конец V — XI века)	  <p>Планировочная схема госпиталя в Боне (1443 г.)</p> <p>Вид внутреннего двора госпиталя в Боне</p>	<ul style="list-style-type: none"> - лечебные помещения при монастырях; - появление лепрозориев - лечебных частей за стенами монастыря, состоящих из келий, капелл, дома для персонала.
(XII — XV века)	  <p>Планировочная схема госпиталя Св. Духа в Любеке</p> <p>Госпиталь Св. Духа в Любеке</p>	<ul style="list-style-type: none"> - появление городских больниц (в черте города); - основной планировочный элемент- длинный зал для больных, на одном из концов-алтарь; - структурные элементы объединяются клуатрами, галереями, коридорами или небольшими связками-переходами; - появление блочной (павильонной) структуры;
ВОЗРОЖДЕНИЕ (XIV—XVI века)	    <p>Больница Оспедале Маджоре, Милан</p> <p>Больница Реал в Гранаде, Испания</p>	<ul style="list-style-type: none"> - переход больниц из церковной в государственную собственность; - усиление внимания к комфорту пациентов; - появление крупных сооружений со строгой симметрией; - использование закольцованной галерейно-ячейковой структуры; - четкое распределение внутреннего пространства на изолированные зоны; - приближение к природной среде.

Рис. 2. Объемно-планировочная структура лечебных зданий в больничной архитектуре Средневековья и Возрождения

В качестве характерного примера можно рассмотреть больницы Оспидале Маджоре (Италия) и Реал в Гранаде (Испания) (рис. 2). Основой планировочной схемы стали галерейно-ячейковые структуры, закольцованные вокруг небольших дворики. Такая архитектурная система, имевшая несколько изолированных открытых зон в качестве планировочных узлов, позволяла рационально распределять внутреннее пространство, обеспечивать большую вместимость, создавать условия комфортности и эффективности лечения за счет естественного освещения и вентиляции помещений [7].

XVII–XIX века стали эпохой открытий, которые отразились на профилактической медицине и общественном здравоохранении. Медицина в это время укрепила свои позиции как наука. Происходит зарождение организованных методов ухода и восстановления для больных и раненых, появляются специализированные госпитали по их восстановлению.

Восстановительное лечение впервые стало практиковаться во время Семилетней (1756–1762 гг.) и Русско-турецкой (1768–1774 гг.) войн. Военным для возвращения к армейской службе предписывалось лечения с последующей реабилитацией в госпиталях. Например, после Наполеоновских войн (в период с 1799 года по 1815 года) во многих странах Европы появились госпитали для ветеранов, где разрабатывались базовые методы физиотерапии и протезирования [8].

В это время стал формироваться новый тип больничных комплексов. Госпитали представляли собой усадебные ансамбли павильонного типа в формах классицизма, размещенные в естественном ландшафте. В основе проектов лежала

идея о том, что природное окружение в виде парков, аллей, садов будут способствовать выздоровлению. Формируются пространственные композиции, архитектурным акцентом которых являются главные корпуса с куполами и парадные площади для прогулок и отдыха пациентов. Основой планировочных решений корпусов являются сочетание коридоров с зальными помещениями. Приоритетной является традиционная коридорная система с помещениями-ячейками по обеим сторонам. Яркими примерами европейской архитектуры XVII века являются больницы, подобные Гринвичскому морскому госпиталю (рис. 3) и Дому Инвалидов во Франции (рис. 3) с церковью в центральной части участка [9].

С началом XIX века физическая культура и спорт приобретают популярность, и возникает потребность в специальной медицинской помощи для спортсменов. В некоторых странах Европы появляются медицинские кабинеты при спортивных обществах, где спортсмены могли получить первую помощь при травмах. Однако специализированные центры реабилитации для спортсменов все еще не были созданы, и реабилитация проводилась в общих медицинских учреждениях.

В начале XX века активное развитие таких научно-практических дисциплин как лечебная физическая культура, трудотерапия, ортопедия, физиотерапия способствовало созданию нового архитектурного больничного типа. Главной архитектурной задачей стало разделение зданий-блоков по функциональной особенности и специализации [10].

В течение XX века восстановительная медицина перешла на новый уровень развития оказания помощи из-за двух крупнейших войн в истории. Первая мировая война (1914–1918 года) стала поворотным моментом для реабилитации, когда необходимость восстановления здоровья огромного числа раненых солдат потребовала создания специальных программ и учреждений.

Этот период стал этапом формирования архитектурной типологической группы лечебных зданий, которая основывалась на дифференциации сооружений по социальному статусу больных, отраслям медицины, возрасту пациентов, методам лечения и т.д. [11]. Это можно проследить на примере архитектурно-планировочных организаций санатория в Паймио (рис. 3), модернистского госпиталя Санта Креу и Сан Пау (рис. 3) в Испании, в составе которого находится 27 отдельно стоящих корпусов, изолирующих друг от друга пациентов с разными заболеваниями. Отечественным примером структурированного расположения зданий-блоков является больница им. Боткина (рис. 3) в Москве, включающая в себя свыше 50 корпусов.

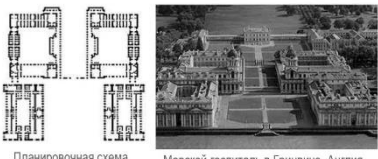



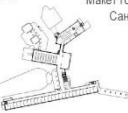
Исторический этап/ эпоха	Пример	Основные особенности и тенденции
НОВОЕ ВРЕМЯ (XVII- XIX века)	 <p>Планировочная схема госпиталя в Гринвиче</p> <p>Морской госпиталь в Гринвиче, Англия</p>  <p>Дом инвалидов, Париж</p> <p>Схема Дома инвалидов</p>	<ul style="list-style-type: none"> - первые больницы современного поколения с расширенной программой; - композиционно организованная планировочная структура; - усадебные ансамбли павильонного типа; - размещение в естественном ландшафте, приближение к природе.
(первая половина XX века)	 <p>Корпус больницы им. С. П. Боткина (Москва)</p>  <p>Маяк госпиталя Санта Креу и Сант Пау, Барселона</p>  <p>План типового этажа туберкулезного санатория в Паймю</p>	<ul style="list-style-type: none"> - больничные комплексы строятся отдельно стоящими корпусами; - разделения больничных зданий и комплексов по специализации; - ясное структурированное расположение блоков, отделенные по функциональной особенности; - архитектурное направление- модерн.

Рис. 3. Историческое развитие объемно-планировочных решений в больничной архитектуре XVII – начала XX веков

Создания специализированных отделений по профилю восстановительной медицины начинается после утверждение первых международных рекомендаций по защите инвалидов и уходу за ними, после создания в 1917 г. Ассоциации восстановительной терапии и организации в 1918 году Института Красного Креста для инвалидов в Соединенных штатах.

В этот период появились первые центры реабилитации, в том числе и спортивной направленности, такие как:

– Королевский Национальный Ортопедический госпиталь (Royal National Orthopaedic Hospital) в Стэнморе (Великобритания) (рис. 4), где развивались системы физиотерапии и трудотерапии;

– Институт спортивной медицины в Финляндии (1930-е годы), где впервые начали уделять внимание системной реабилитации спортсменов, там проводились исследования профессиональных атлетов и активно разрабатывались методы физической терапии, профилактики и лечения спортивных травм.

Во время и после Второй мировой войны (1939–1945) снова возникла острая необходимость в реабилитации ветеранов. В этот период реабилитационные центры начали включать программы для лечения не только физических, но и психических травм, началось активное развитие мультидисциплинарных подходов реабилитации. Это был значительный шаг к созданию реабилитационных центров для людей с инвалидностью, что привело к созданию уже отдельных специализированных реабилитационных клиник. Были пересмотрены устаревшие приемы построения больничных комплексов дореволюционного строительства и принципы технологической их организации [12].

В 1946 году было впервые использовано официально понятие «реабилитация» во время проведения конгресса по реабилитации в Вашингтоне. Говорилось о том, что «сущность реабилитации следует усматривать в восстановлении физических и духовных сил пострадавшего. Последнее условие становится возможным только при создании специальных учреждений, где осуществляется профессиональная адаптация больного» [2].

В это время сформировались многие современные методы реабилитации, такие как физическая терапия, трудотерапия и психологическая поддержка. Появились центры реабилитации для различных групп населения, включая спортсменов, нуждающихся в восстановлении после операций или травм.

Первые специализированные центры для реабилитации спортсменов появились в середине XX века, когда спорт стал более профессионализированным и требовал систематического подхода к восстановлению. С развитием спортивной медицины и физиотерапии начали открываться учреждения, специально ориентированные на потребности спортсменов, их травмы и восстановление физической формы, такие как Немецкий институт спортивной медицины (1940-е годы), где предлагались специальные программы для восстановления спортсменов, ориентированные на физическую терапию и профилактику травм. Этот институт в Берлине сыграл ключевую роль в развитии методик реабилитации для атлетов и внедрении новых медицинских технологий.

Во второй половине XX века в больничной архитектуре происходит переход от принципа павильонной застройки к строительству централизованных больниц. Отделения восстановительной медицины и реабилитации стали входить в общую систему организации лечебного процесса и располагаться в одном здании со всеми другими возможными отделениями.

Также в 1950–1960 годы в связи с быстрым развитием спортивных наук и олимпийского движения в СССР, США и других странах, которые активно участвовали в международных спортивных соревнованиях, начали открываться отдельные спортивные институты и медицинские центры, где проводились исследования и реабилитация спортсменов, разрабатывались специализированные методики лечения спортивных травм.

В Советском Союзе в 1950-е годы в Москве был открыт Научно-исследовательский институт физической культуры и спорта (рис. 4). Он сосредотачивался на разработке методов восстановления для олимпийских спортсменов. В институте работали врачи, физиологи и тренеры, создавая системы тренировок и реабилитации, которые позволяли спортсменам возвращаться к соревнованиям после травм. Этот институт считается одним из первых, ориентированных на комплексное восстановление спортсменов в СССР.

В 1960-х годах в США клиника Mayo Clinic (рис. 4) стала одной из первых американских медицинских учреждений, предложивших специализированные программы восстановления для спортсменов. Здесь начали активно применять новые физиотерапевтические методы, такие как электростимуляция мышц, и создавали индивидуальные реабилитационные программы. Впоследствии в США появились более узкопрофильные реабилитационные центры для спортсменов, работающие при университетах и крупных спортивных организациях.

В 1960–1970-х годах, когда олимпийское движение стало развиваться во всем мире, появились олимпийские тренировочные центры, которые включали специализированные отделения реабилитации. Эти учреждения занимались не

только восстановлением после травм, но и подготовкой к новым нагрузкам, включая методы профилактики травм. Здесь внедрялись самые современные на тот момент физиотерапевтические методики и применялись научные достижения для восстановления спортсменов.

Исторический этап/ эпоха	Пример	Основные особенности и тенденции
(XX век)	 <p>Королевский Национальный Ортопедический госпиталь (Royal National Orthopaedic Hospital), Англия</p>  <p>Научно-исследовательский институт физической культуры и спорта в Москве</p>  <p>Клиника Mayo Clinic в США</p>	<ul style="list-style-type: none"> - переход от принципа павильонной застройки к строительству централизованных больниц; - создания специализированных отделений по профилю восстановительной медицины в составе больниц; - пересмотрены устаревшие приемы построения больничных комплексов дореволюционного строительства и принципы технологической их организации; - появление первых специализированных центров реабилитации, в том числе и спортивной направленности

Рис. 4. Особенности объемно-планировочных решений первых реабилитационных центров для спортсменов

К концу XX века спорт стал все более популярным и массовым, что привело к увеличению спроса на специализированные учреждения для медицинского обслуживания спортсменов. Единичные российские РЦ спортивной направленности стали размещать, как правило, в зданиях типовых проектов времен СССР или представляет собой реконструированные исторические сооружения XIX–XX веков.

При изучении планировочных решений медицинских учреждений, со временем приспособленных к центрам восстановительной медицины, выявлены следующие недостатки:

- планировочные решения не полностью отвечает современным нормам по площади помещений, имеет низкую обслуживающую способность из-за изначально заданного расположения несущих конструкций и коммуникаций;
- в основном реабилитационные отделения располагаются в едином объеме с клинично-больничными комплексами, совмещены с больничными помещениями, что нарушает психологический комфорт пациентов;
- некоторые помещения из-за недостатка площади совмещают в себе несколько функций;
- не предусмотрены зоны отдыха и рекреации;
- недостаточная вместимость реабилитационных центров;
- процедуры реабилитации предоставляются не в полном объеме из-за нехватки площадей кабинетов;
- неудобное функциональное зонирование;
- отсутствует возможность расширения и пристройки помещений, из-за размещения РЦ в плотной застройке города.

За последние годы медицина значительно шагнула вперед, в том числе и в направлении реабилитации. С развитием технологий и научных исследований архитектура центров спортивной медицины стала все более инновационной и

передовой, она стремится предоставить оптимальные условия для спортсменов и пациентов в использовании помещений.

Сегодня спортивные реабилитационные центры являются неотъемлемой частью спортивной медицины и оснащены высокотехнологичными средствами диагностики и лечения. Анализ современных архитектурно-планировочных решений медицинских центров (рис. 5) показывает, что в настоящее время существует положительная динамика развития больничной архитектуры и в частности архитектуры реабилитационных центров, в том числе ориентированных на реабилитацию спортсменов [13].

Исторический этап/ эпоха	Примеры современных центров реабилитации спортсменов	Основные особенности и тенденции
(начало XXI века)	 <p>Дизайн-концепция спортивно – оздоровительного центра г. Сочи</p>  <p>IMG Academy, Флорида, США</p>  <p>Спортивный реабилитационный центр-Aspetar Sports Medicine and Orthopaedic Hospital, Катар</p>  <p>Проект Федерального научно-клинического центра для спортсменов в г. Сочи</p>	<ul style="list-style-type: none"> - вытеснение коллективного медицинского обслуживания частными клиниками; - идея улучшения имиджа больничной архитектуры; - появление представления о том, что для улучшения самочувствия пациентов важна атмосфера, архитектура и окружение; - создается новый принцип «небольничной» архитектуры; - появление нового типологического объекта-реабилитационный центр для спортсменов; - спортивные РЦ становятся неотъемлемой частью спортивной медицины.

Рис. 5. Особенности формирования объемно-планировочных решений современных реабилитационных центров для спортсменов

Выводы. Анализ исторического опыта показал, что эволюция архитектуры медицинских учреждений привела к появлению качественно нового типологического объекта – медико-восстановительных и реабилитационных центров для спортсменов (рис. 6). Однако специфика объемно-планировочных и архитектурно-средовых решений данных объектов в полной мере еще не выявлена, не сформированы требования к подобным решениям. Архитектурно-типологический ряд данных объектов может быть значительно расширен с учетом их градостроительного размещения, мощности, состава оказываемых услуг, процедур и реабилитационных мероприятий, ориентированных на специализацию спортсменов, виды травм, что составляет предмет отдельного исследования.



Рис. 6. Предпосылки возникновения специализированных центров для реабилитации спортсменов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорокина, Т. С. История медицины. – 9-е изд., стер. – Москва : Академия, 2009. – 560 с. – ISBN 978-5-7695-5785-9. – Текст : непосредственный.
2. Смычѣк, В. Б. Медицинская реабилитация: история становления, современное состояние, перспективы развития / В. Б. Смычѣк. – Текст : непосредственный // Физическая и реабилитационная медицина. – 2020. – Том 2, № 2. – С. 7-17.
3. История медицины / П. Е. Заблудовский, Г. Р. Крючок, М. К. Кузьмин, М. М. Левит. – Москва : Медицина, 1981. – 352 с. – Текст : непосредственный.
4. Свет Кетера. Мистический Египет. Дендера. – URL: lofk.ru/index.php/travel/136-travel-egiped. – Текст : электронный.
5. Murzim.ru. Медицина в Древней Греции. – URL: murzim.ru/nauka/medicina/istorija-mediciny/28176-medicina-v-drevneygrecii.html. – Текст : электронный.
6. Всеобщая история архитектуры. Архитектура Западной Европы. Средние века : в 12 томах. Том 4 / главный редактор Н. Д. Колли. – Москва : Стройиздат, 1966. – 689 с. – Текст : непосредственный.
7. Всеобщая история архитектуры. Архитектура Западной Европы XV–XVI веков. Эпоха Возрождения : в 12 томах. Том 5 / главный редактор В. Ф. Маркузон. – Москва : Стройиздат, 1967. – 655 с. – Текст : непосредственный.
8. Прилипко, Н. С.. Анализ работы реабилитационных медицинских учреждений здравоохранения Российской Федерации / Н. С. Прилипко, Е. Л. Поважная. – Текст : непосредственный // Вестник восстановительной медицины. – 2012. – № 4. – С. 2-5.
9. Всеобщая история архитектуры. Западная Европа и Латинская Америка.



XVII – первая половина XIX в. : в 12 томах. Том 7 / главный редактор А.В. Бунин. – Москва : Стройиздат, 1969. . – 614 с. – Текст : непосредственный.

10. Всеобщая история архитектуры. Архитектура конца XIX – начала XX в. : в 12 томах. Том 10 / главный редактор Н. В. Баранов. – Москва : Стройиздат, 1972. – 592 с. – Текст : непосредственный.

11. Медицина будущего глазами архитекторов. Вестник 17.04.2013. – URL: vestnik.icdc.ru/world/1517-1. – Текст : электронный.

12. История медицины: учебное пособие / составители Н. М. Безкараваева, Т. А. Белова, А. Л. Брицкая – Москва : Директ-Медиа, 2023. – 228 с. – Текст : непосредственный.

13. Киселева, О. В. Скопинцев А.В. Подходы к формированию архитектурной среды центров спортивной медицины и реабилитации / О. В. Киселева, А. В. Скопинцев. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 4(112). http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_79__3y24_Kiseleva_Skopintsev_.pdf_463ef5a349.pdf.

KISELEVA Olga Vladimirovna, postgraduate student of the chair of architectural and environmental design

PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF THE ARCHITECTURE OF SPORTS MEDICAL AND REHABILITATION INSTITUTIONS

Southern Federal University. Academy of Architecture and Fine Arts
39, Budennovsky Pr., Rostov-on-Don, Rostov Region, 344080, Russia.
Tel.: 8 (863) 240-21-78; e-mail: aai@sfedu.ru

Key words: rehabilitation center for athletes, medical buildings, architectural history, architectural and planning features, trends.

The conditions of the emergence of medical rehabilitation centers for athletes are revealed on the example of the evolution of medical architecture, the historical stages of which were asclepiions in Ancient Greece, valetudinariums in ancient Rome, hospitals in the early Middle Ages, leprosariums in the Renaissance, institutes of sports medicine in Modern times. The architectural and planning solutions of different periods are compared from the standpoint of the rehabilitation function; the prerequisites for the formation of modern rehabilitation centers for athletes are revealed.

REFERENCES

1. Sorokina T. S. Istoriya meditsiny [History of Medicine]. 9 izd., ster. Moscow, Akademiya, 2009, 560 p. ISBN 978-5-7695-5785-9.

2. Smychek V. B. Meditsinskaya reabilitatsiya: istoriya stanovleniya, sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya [Medical Rehabilitation: History of Formation, Current State, and Development Prospects]. Fizicheskaya i reabilitatsionnaya meditsina [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2020, Vol. 2, № 2, P. 7-17.

3. Zabludovsky P. E., Kryuchok G. R., Kuzmin M. K., Levit M. M. Istoriya meditsiny [History of Medicine]. Moscow, Meditsina, 1981, 352 p.

4. Svet Ketera. Misticheskiy Egipet. Dendra [Mystical Egypt. Dendera]. URL: lofk.ru/index.php/travel/136-travel-egipet.

5. Murzim.ru. Meditsina v Drevney Gretsii [Medicine in Ancient Greece]. URL: murzim.ru/nauka/medicina/istorija-mediciny/28176-medicina-v-drevneygrecii.html.



6. Vseobshchaya istoriya arkhitektury. Arkhitektura Zapadnoy Evropy. Srednie veka [General History of Architecture. Architecture of Western Europe. Middle Ages]: v 12 tomakh. gl. red. N. D. Kolli. Vol. 4. Moscow, Stroyizdat, 1966, 689 p.
7. Vseobshchaya istoriya arkhitektury. Arkhitektura Zapadnoy Evropy XV–XVI vekov. Epokha Vozrozhdeniya [General History of Architecture. Architecture of Western Europe in the 15th–16th Centuries. Renaissance]: v 12 tomakh. gl. red. V. F. Markuzon. Vol. 5. Moscow, Stroyizdat, 1967, 655 p.
8. Prilipko N. S., Povazhnaya E. L. Analiz raboty reabilitatsionnykh meditsinskih uchrezhdeniy zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii [Analysis of the Work of Rehabilitation Medical Institutions in the Russian Federation]. Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny [Bulletin of Rehabilitation Medicine]. 2012, № 4, P. 2-5.
9. Vseobshchaya istoriya arkhitektury. Zapadnaya Evropa i Latinskaya Amerika. XVII – pervaya polovina XIX v. [General History of Architecture. Western Europe and Latin America. 17th – First Half of the 19th Century]: v 12 tomakh. gl. red. A. V. Bunin. Vol. 7. Moscow, Stroyizdat, 1969, 614 p.
10. Vseobshchaya istoriya arkhitektury. Arkhitektura kontsa XIX – nachala XX v. [General History of Architecture. Architecture of the Late 19th – Early 20th Century]: v 12 tomakh. gl. red. N. V. Baranov. Vol. 10. Moscow, Stroyizdat, 1972, 592 p.
11. Meditsina budushchego glazami arkhitektorov [Medicine of the Future Through the Eyes of Architects]. Vestnik 17.04.2013. URL: vestnik.icdc.ru/world/1517-1.
12. Bezkaravayeva N. M., Belova T. A., Britskaya A. L. Istoriya meditsiny [History of Medicine]: uchebnoe posobie. Moscow, Direkt-Media, 2023, 228 p.
13. Kiseleva O. V., Skopintsev A. V. Podkhody k formirovaniyu arkhitekturnoy sredy tsentrov sportivnoy meditsiny i reabilitatsii [Approaches to the Formation of the Architectural Environment of Sports Medicine and Rehabilitation Centers]. Inzhenerny vestnik Dona [Engineering journal of Don]. 2024, № 4(112). URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_79__3y24_Kiseleva_Skopintsev_.pdf_463ef5a349.pdf.

© О. В. Киселева, 2025

Получено: 07.11.2024 г.



УДК 725.23:332

С. И. СЕМЕНОВ, аспирант кафедры архитектурного проектирования

ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОСТРАНСТВА КОВОРКИНГОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: +7(905) 194-30-54; эл. почта: architectsvsemenov@yandex.ru

Ключевые слова: коворкинг, пространство, деятельность, самодеятельность.

В статье исследована связь деятельности человека и пространств в коворкингах; проанализированы градостроительные, социально-демографические, функционально-планировочные, типологические, стилистические, колористические и образно-художественные решения (пространств коворкингов), создающие условия и среду для полноценной деятельности резидентов в коворкингах.

Деятельность – понятие, выражающее характер взаимодействия человека с миром. Человек – это одновременно и социальное, и биологическое существо, поэтому биологическое выражено в жизнедеятельности, а социальное выражено в деятельности. При этом в результате индивидуализации и становления личности возникает самодеятельность (внутренне мотивированная творческая деятельность) [1].

Если рассматривать специфику коворкинга, то ему будет присуща *самость*, самость людей, работающих в коворкингах. Человек самостоятельно выбирает, где ему работать, какую именно работу выполнять, когда и сколько работать. Резидентам коворкингов свойственно самоуправление, самоорганизация, самооценка (самокритика), самоопределение, самовыражение. Мотивами самодеятельности таких людей являются совесть и творчество, в отличие от офисных работников, где границы – это долг и стандарт [1].

Деятельность, возникающая в рамках долга и стандарта, распространенная в классической системе «работник – работодатель», определяется условиями трудового договора, в котором регламентированы жизнедеятельность (длительность рабочего дня, время и продолжительность перерывов) и непосредственно деятельность работника (где, когда, что, как и совместно с кем делать).

Самодеятельность, возникающая в процессе образования-самообразования, воспитания-самовоспитания и обучения-самообучения, приводит к тому, что человек берет на себя ответственность за свою жизнь и за свою деятельность. Сам тип трудовой занятости таких специалистов, как самозанятые, содержит в себе *самость*. Это означает, что офис со своими прописанными рамками и границами не подходит для самодеятельности. При этом необходимо отметить, что есть организации, где самостоятельность приветствуется и поощряется, однако это все же больше исключение из правил.

Возникает вопрос, а где уместна самодеятельность? В коворкинге. И теперь мы подходим к проблеме, заявленной в теме статьи: как именно самодеятельность реализуется в коворкингах и влияет на их организацию? Как именно коворкинги отвечают на *самость* своих резидентов.

В отличие от офисов в коворкингах задумываются над запросами самостоятельного человека. Сюда можно отнести как организационные решения, такие как круглосуточная работа коворкингов, гибкие варианты членства (например, несколько часов в день, несколько дней в неделю или месяц) и возможность работать в разных сетях коворкингов (*"Coworking visa"* [2, 3]); так и решения на градостроительном уровне и пространственно-планировочной организации, такие как расширенный список функциональных зон (по сравнению с офисом) и трансформируемость рабочего пространства.

В рамках темы статьи рассмотрим, как деятельность человека (жизнедеятельность, деятельность и самодеятельность) осуществляется в пространствах коворкингов и влияет на них. При этом будем исходить из того, что деятельность возможна лишь при наличии всех необходимых для нее компонентов (субъект, объект, средства, процесс, условия, результат, система, среда) [1]. Деятельность возможна в определенных условиях (пространствах), при этом деятельность становится объективной причиной для возникновения и существования определенных пространств в коворкингах (так как для каждой деятельности необходимо соответствующее пространство). Спрос рождает предложение. Обеспечение возможности деятельности резидентов можно рассмотреть на нескольких уровнях: градостроительном, социально-демографическом, функционально-планировочном, типологическом, стилистическом, колористическом и образно-художественном. При этом градостроительные, функционально-планировочные и стилистические решения в большей степени определяют возможность осуществления деятельности [4].

Жизнедеятельность резидентов возможна в результате градостроительных, функционально-планировочных, стилистических, колористических и образно-художественных решений коворкингов. С точки зрения расположения в городской среде коворкинги преобладают в центральных районах городов, в жилых или общественно-деловых центрах, с хорошей транспортно-пешеходной доступностью, в районах с развитой социальной инфраструктурой, что благоприятно сказывается на организации режима жизнедеятельности человека. Функционально-планировочная организация является основным инструментом при создании среды для полноценной жизнедеятельности людей. Индивидуальные режимы работы людей обеспечиваются созданием развитой входной группы (отдельные, обособленные входы для работы в любое время, гардеробы, ресепшен), отдых обеспечивается за счет зон отдыха или пространств для смены деятельности (рекреации, эксплуатируемые кровли, места для занятий спортом, йогой или фитнесом), питание может решаться, как за счет близости к местам общепита (кафе, столовые), так и за счет наличия запроектированной кухни, точек кофе-брейка или непосредственно включенного в пространство коворкинга кафе или бара [5]. Стилистика, колористика и художественный образ отвечают за комфортную для жизнедеятельности человека среду и атмосферу [4].

Деятельность резидентов в коворкинге возможна в результате социально-демографических, функционально-планировочных, типологических, стилистических, колористических и образно-художественных решений коворкингов. Основной вид деятельности в коворкингах — экономический (производственный), резиденты приходят в коворкинг, чтобы выполнять определенную работу. Для работы необходимы разнообразные по вместимости рабочие места: индивидуальные, на несколько человек, на команду;



разнообразные по открытости: открытые (*Open space*), закрытые, открыто-закрытые; разнообразные по функции: для тихой работы, для активной (шумной) работы, для совещаний, для коммуникации по телефону или через интернет-приложения (*skype, zoom*) [5]. Разнообразие рабочих мест и пространств позволяет осуществлять экономическую деятельность специалистам с разными потребностями и способностями. Планировочная структура влияет на организацию, функционирование и эффективность рабочего процесса. К примеру, линейная схема коворкинга позволяет четко изолировать и разграничить зоны активной и тихой работы, что позитивно повлияет на работников обеих зон (каждый получает то, что ему требуется: тишина и уединение для сосредоточенной работы или открытое пространство для команды при «мозговом штурме»). Компактная же схема позволяет создать сложное пространство с интегрированными друг в друга различными по функциям зонами. Такое пространство может иметь плюсы в виде синергии совместной деятельности, однако, в таких условиях могут возникать конфликты интересов. Стилистика, колористика и художественный образ отвечают в пространстве коворкингов за создание атмосферы, благоприятной для работы (это может решаться за счет цветовой гаммы, света, декора, растений, мебели, авторской концепции места и иными способами), и которая поможет создать рабочий настрой [3, 4].

Самодеятельность в контексте коворкингов трудноотделима от деятельности, так как их итог «делаю» совпадает, однако различия заключены на уровнях мотива, способностей и потребностей. В рамках самодеятельности мотивов и потребностей больше. Если в рамках деятельности преобладающей является экономическая, то в рамках самодеятельности активно проявляется саморазвитие, а именно самообразование, самообучение и самовыражение. В процессе работы в коворкинге это выражается в виде готовности узнавать новое и делиться знаниями с другими, учиться самому и обучать других, помогать и просить о помощи, оценивать и выставлять свою работу на обозрение и других процессах, способствующих саморазвитию человека [6]. Функционально-планировочные решения позволяют успешно реализовать условия для самодеятельности (саморазвития, самообразования, самообучения и самовыражения). Для этого в коворкингах могут быть предусмотрены зоны и помещения для мастер-классов, презентаций, лекториумы, конференц-залы, трансформируемые рабочие пространства, которые при необходимости могут стать площадкой для демонстрации результатов работы и иные локальные приемы и методы, направленные на создание среды и условий для самодеятельности. Стилистические, колористические и художественно-образные решения в пространстве коворкингов могут быть не только условием для самодеятельности, но и быть ее непосредственным результатом. Начиная с того, что резидент может обустроить свое рабочее место по своему усмотрению (например, принести свое домашнее растение) или предложить вещи собственного производства (например, мебель) для обустройства коворкинга, и заканчивая возможностью резидентов участвовать еще на стадии проектирования в процессе разработки дизайна, образа, выбора мебели, колористики и деталей (такой подход к проектированию «от сообщества» встречается редко, но все же он существует и имеет место быть в рамках самодеятельности в коворкинге) [3, 4].

Жизнедеятельность, деятельность и самодеятельность являются причиной для возникновения и существования пространств в коворкингах ввиду того, что



для каждой деятельности необходимы соответствующие условия (пространства). Это означает, что каждое пространство коворкингов предопределено деятельностью, для которой оно предназначено. В двадцать первом веке все больше людей выходят за границы деятельности и расширяют их до границ самостоятельности. Можно сказать, что люди «вырастают» из офисов, им требуется место для *самости*. И таким местом стали коворкинги, которые появились для самостоятельных (самозанятых) людей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зеленов, Л. А. Собрание сочинений. В 4 томах. Том. 3. Антропология / Л. А. Зеленов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Общероссийская академия человековедения, Нижегородский философский клуб. – Нижний Новгород : Изд-во Гладкова, 2006. – 244 с. : ил. – ISBN 5-93530-179-2. – Текст : непосредственный.
2. Coworking Visa. – URL: <https://coworking.org/visa/> (дата обращения: 18.11.2024). – Текст : электронный.
3. Deskmag. – URL: <https://www.deskmag.com/en/> (дата обращения: 18.11.2024). – Текст : электронный.
4. Семенов, С. И. Социально-пространственная структура коворкинга : 07.04.01: диссертация на соискание ученой степени магистра / Семенов Святослав Игоревич. – Нижний Новгород, 2023. – 113 с. – Текст : непосредственный.
5. Семенов, С. И. Коворкинг как общественное пространство / С. И. Семенов. – Текст : непосредственный // XIII Всероссийский Фестиваль науки : сборник тезисов, Нижний Новгород, 24–26 октября 2023 года / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – С. 432–433.
6. Семенов, С. И. Рабочая среда в жилье, офисе и коворкинге. Сравнительный анализ / С. И. Семенов. – Текст : непосредственный // XIII Всероссийский Фестиваль науки : сборник тезисов, Нижний Новгород, 24–26 октября 2023 года / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – С. 434–435.

SEMENOV Svyatoslav Igorevich, postgraduate student of the chair of architectural design

IMPACT OF ACTIVITIES ON COWORKING SPACES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.
Tel.: +7(905) 194-30-54; e-mail: architectorsvsemenov@yandex.ru
Key words: coworking, space, activity, amateur performance.

The article examines the relationship between human activity and spaces in coworking spaces; it analyzes urban planning, socio-demographic, functional-planning, typological, stylistic, coloristic and figurative-artistic solutions (of coworking spaces) that create conditions and an environment for the full-fledged activity of residents in coworking spaces.

REFERENCES

1. Zelenov L. A. Antroponomiya [Anthroponomy] Sbranie sochineniy. V 4 tomakh. Tom. 3. Nizh. gos. arkh.-str. un-t, Obshcherossiyskaya akademiya chelovekovedeniya,



Nizhegorodskiy filosofskiy klub. Nizhny Novgorod, Izd-vo Gladkova, 2006, 244 p.: il., ISBN 5-93530-179-2.

2. Coworking Visa. URL: <https://coworking.org/visa/> (accessed: 18.11.2024).

3. Deskmag. URL: <https://www.deskmag.com/en/> (accessed: 18.11.2024).

4. Semenov S. I. Sotsialno-prostranstvennaya struktura kovorkinga [Socio-spatial structure of coworking]: 07.04.01 : diss.... magistra. Nizhny Novgorod, 2023, 113 p.

5. Semenov S. I. Kovorking kak obshchestvennoe prostranstvo [Coworking as a public space]. XIII Vserossiyskiy Festival nauki [XIII All-Russian Science Festival] : sbornik tezisov, Nizhny Novgorod, 24–26 oktyabrya 2023 goda. Nizh. gos. arkh.-str. un-t. Nizhny Novgorod, 2023, P. 432–433.

6. Semenov S. I. Rabochaya sreda v zhile, ofise i kovorkinge. Sravnitelnyy analiz [Working environment in housing, office and coworking. Comparative analysis]. XIII Vserossiyskiy Festival nauki [XIII All-Russian Science Festival] : sbornik tezisov, Nizhny Novgorod, 24–26 oktyabrya 2023 goda. Nizh. gos. arkh.-str. un-t. Nizhny Novgorod, 2023, P. 434–435.

© С. И. Семенов, 2025

Получено: 11.12.2024 г.



УДК 72.036 (44)

ХАФСА Талеб, аспирант кафедры архитектурного проектирования

АРХИТЕКТУРНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАРОГО ПОРТА МАРСЕЛЯ: СЛИЯНИЕ ТРАДИЦИЙ И ИННОВАЦИЙ

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 Марселя, принципы, модернизация, исследование.

В статье анализируются принципы модернизации Старого порта Марселя, проведенные в 1970-х и 2000-х годах. Автор исследует два разных подхода к переквалификации порта, а также рассматривает влияние данного процесса на прибрежную зону в частности и на облик города в целом.

Старый порт Марселя является не только историческим сердцем города, но и живым свидетелем его эволюции на протяжении более двух тысячелетий. Основанный фокейцами в VI веке до н.э. (рис. 1 цв. вклейки), этот порт стал важнейшим центром средиземноморской торговли и местом пересечения различных культур [1]. В последние десятилетия был реализован амбициозный проект модернизации, целью которого стало возрождение этого знакового места с сохранением его богатого исторического наследия. В данной статье рассматриваются различные аспекты архитектурной модернизации Старого порта Марселя, включая цели, достижения, возникшие трудности и влияние на город [2].

Исторически Старый порт Марселя был основан греческими колонистами из Фокеи в 600 году до н.э. С момента своего основания порт служил центром торговли и транзита товаров, способствуя обмену между средиземноморскими цивилизациями. В Средние века порт стал укрепленной крепостью, играющей важную роль в защите города (рис. 2 цв. вклейки). Со временем порт расширялся и модернизировался, чтобы соответствовать растущим потребностям морской торговли. Строительство новых причалов и складов изменило портовый ландшафт, сохраняя его жизненно важную роль в экономике Марселя (рис. 3 цв. вклейки) [3]. В XIX веке, с началом индустриализации, Старый порт начал терять своё значение из-за появления новых портов, более приспособленных для обработки крупных грузов. Тем не менее, он оставался ярким символом марсельской идентичности и оживленным местом, полным жизни. Проект модернизации *Vieux-Port* направлен на то, чтобы вдохнуть новую жизнь в этот исторический район, интегрируя современные элементы и технологии [4]. Основные цели включают сохранение и восстановление исторических зданий и сооружений, создание современной и функциональной городской среды, внедрение экологически устойчивых решений и стимулирование экономического развития. Восстановление исторических структур требовало использования традиционных методов и материалов для сохранения аутентичности архитектуры. Создание новых инфраструктурных объектов, таких как пешеходные зоны и велосипедные дорожки, повысило удобство и безопасность передвижения

(рис. 4 цв. вклейки). Внедрение экологических технологий, включая солнечные панели и системы сбора дождевой воды, способствовало устойчивому развитию порта.

Модернизация Старого порта Марселя оказала значительное влияние на город. Обновленный порт стал привлекательным местом для жителей и туристов, способствуя культурному и экономическому развитию. Новые общественные пространства предоставляют возможности для отдыха и рекреации, а сохранение исторических зданий укрепляет культурную идентичность города. Таким образом, архитектурная модернизация Старого порта Марселя представляет собой успешное сочетание традиций и инноваций, обеспечивая гармоничное сосуществование прошлого и настоящего в самом сердце города [5].

Одной из основных целей модернизации было сохранение и восстановление исторических зданий Старого порта (рис. 5 цв. вклейки). Это сохранение критически важно для поддержания исторической и культурной непрерывности Марселя. Старые здания, такие как склады и набережные, были восстановлены с использованием традиционных методов и материалов, чтобы сохранить их подлинную уникальность (рис. 6 цв. вклейки). Еще одной важной целью было превратить Старый порт в современное и функциональное городское пространство, способное удовлетворять современные потребности жителей и посетителей. Это включало создание пешеходных зон, велосипедных дорожек и новых общественных пространств для социальных и культурных мероприятий. Экологическая устойчивость также была приоритетом [1]. В модернизации были использованы экологические технологии и материалы для минимизации воздействия на окружающую среду (рис. 7 цв. вклейки). Системы управления дождевыми водами, солнечные панели и зеленые зоны были созданы для содействия устойчивому развитию (рис. 8 цв. вклейки). Наконец, модернизация направлена на стимулирование местного экономического развития за счет привлечения инвестиций и создания новых коммерческих возможностей. Возрождение порта должно было привлечь больше туристов, увеличить локальные доходы и создать рабочие места.

Модернизация Старого порта Марселя прошла несколько этапов. Первый этап включал полную диагностику текущего состояния старого порта. Это включало в себя оценку существующих структур, инфраструктуры и потребностей жителей. Затем был разработан подробный план модернизации, определяющий конкретные цели, методы и этапы проекта. Восстановление исторических структур было сложной задачей, требующей специальных навыков [6]. Архитекторы использовали традиционные методы восстановления, чтобы сохранить целостность исторических зданий. Фасады, кровли и внутренние структуры были тщательно восстановлены, чтобы вернуть им прежний великолепный вид. Создание новой городской инфраструктуры было еще одним ключевым аспектом проекта. Это включало создание новых пешеходных зон, установку современной городской мебели и строительство велосипедных дорожек для улучшения мобильности. Общественные пространства были созданы для проведения культурных и социальных мероприятий, делая Старый порт местом встреч и жизни. Интеграция экологических технологий сделала старый порт более устойчивым. Были установлены солнечные панели для получения возобновляемой энергии, а системы управления дождевыми водами были внедрены для снижения рисков наводнений и сохранения водных ресурсов. Были

созданы зеленые зоны и зеленые крыши для улучшения качества воздуха и обеспечения зон отдыха (рис. 9 цв. вклейки).

Одним из основных вызовов модернизации было сохранение исторической целостности Старого порта при интеграции современных элементов. Архитекторам пришлось найти баланс между сохранением старых структур и внедрением новых технологий и инфраструктуры (рис. 10 цв. вклейки). Это было достигнуто благодаря совместному подходу, включающему в себя участие историков, архитекторов и урбанистов. Участие общества сыграло ключевую роль в успехе проекта [6]. Местные жители были вовлечены в процесс планирования и принятия решений, что позволило учесть их потребности и опасения. Проводились публичные встречи и участие в мастер-классах для сбора идей и предложений. Экологические ограничения стали еще одним значительным вызовом. Близость моря и необходимость защиты местных экосистем требовали инновационных решений. Проводились оценки экологического воздействия для оценки потенциальных последствий модернизации, и были разработаны меры смягчения, чтобы минимизировать негативные последствия.

Модернизация Старого порта привела к значительному оживлению городской среды. Новые инфраструктуры и общественные пространства преобразили порт в динамичное и привлекательное место как для местных жителей, так и для посетителей. Старый порт стал центром социальной и культурной жизни, принимая события, рынки и фестивали (рис. 11 цв. вклейки). Оживление Старого порта стимулировало местное экономическое развитие [7]. Увеличение числа туристов и появление новых предприятий принесли доход и рабочие места. Рестораны, кафе и магазины, открытые недавно, процветают благодаря потоку посетителей (рис. 12 цв. вклейки). Улучшения в городской инфраструктуре и зеленых зонах значительно повысили качество жизни местных жителей. Новые пешеходные зоны и общественные пространства предоставляют места для отдыха и развлечений, а велосипедные дорожки и модернизированные транспортные системы облегчают мобильность. Сохранение и подчеркивание исторического наследия Старого порта укрепили культурную идентичность Марселя. Музеи, галереи и культурные центры, созданные в восстановленных зданиях, предоставляют жителям и посетителям возможности познакомиться и оценить историю и культуру города (рис. 13-15 цв. вклейки).

Заключение

«Величественное возрождение Старого порта Марселя представляется эпической сагой, легендарным рассказом, вписанным в камень урбанизма, раскрывающим великолепное видение города, который преодолевает течение веков, превращая исторические места в ослепительные символы современности» [2]. Этот титанический проект, поддерживаемый творческими порывами и безграничным изобретательством, родил великолепную городскую симфонию, пропитанную страстью, стойкостью и экономическим процветанием. Однажды застывший в пучинах забвения, Старый порт вознесся, словно Феникс из пепла времени, вибрируя в ритме Марселя, пылающий олицетворением гармоничного соединения между несменным наследием минувших веков и молниеносными стремлениями будущего.

Каждая деталь этой эпической метаморфозы, начиная с первых эскизов и заканчивая величественным завершением, открывает непревзойденное искусство, идеальный симбиоз трепета к наследию и смелости новых границ архитектуры.

**К СТАТЬЕ ХАФСА ТАЛЕБ
«АРХИТЕКТУРНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СТАРОГО ПОРТА МАРСЕЛЯ:
СЛИЯНИЕ ТРАДИЦИЙ И ИННОВАЦИЙ»**

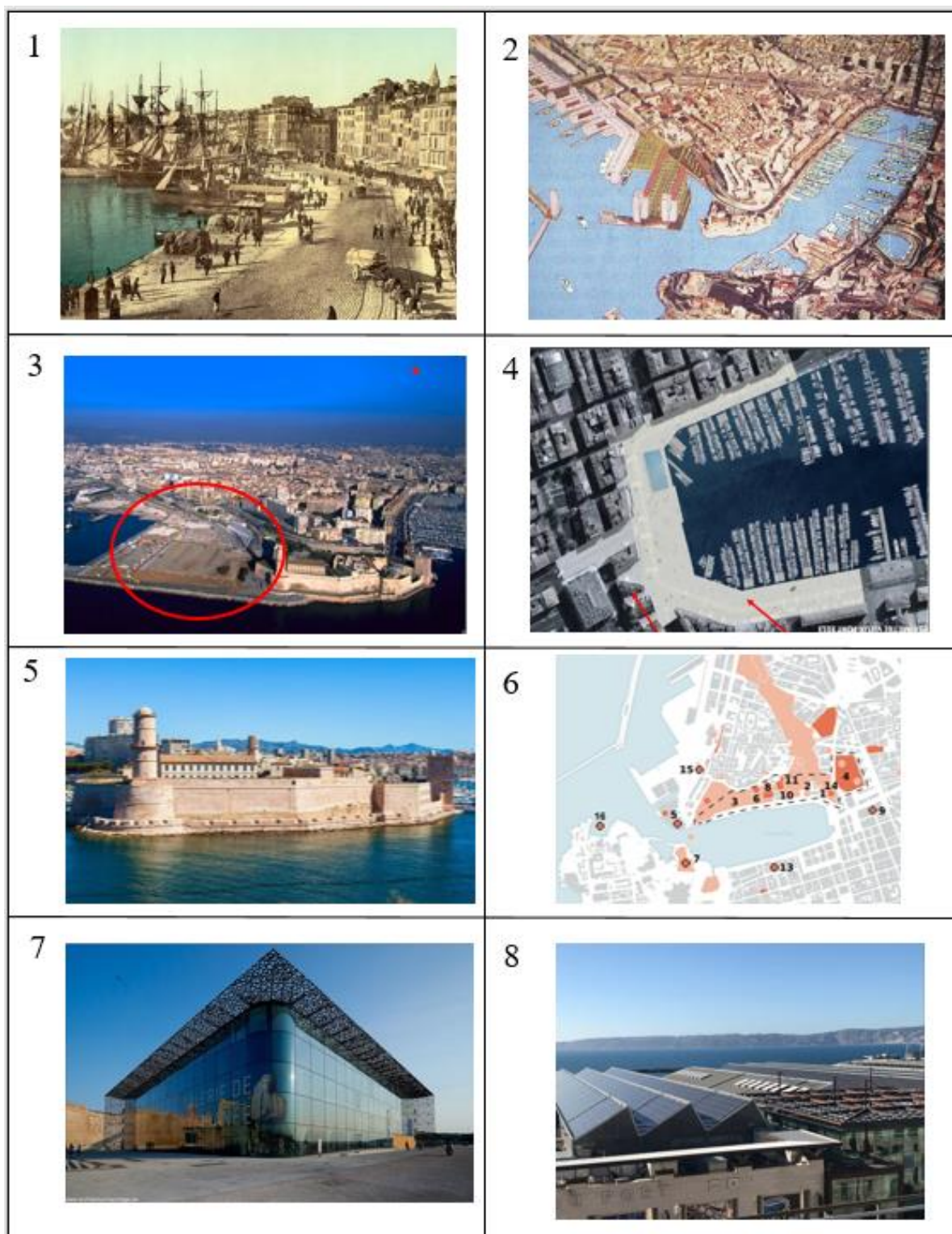


Рис. 1. Порт Марселя в VI веке; рис. 2. Старый порт Марселя в средние века;
рис. 3. Новые причалы старого порта Марселя; рис. 4. Пешеходные зоны и велосипедные
дорожки; рис. 5. Форт Сен-Жан; рис. 6. Древний портовый комплекс; рис. 7. Музей Муцем;
рис. 8. Солнечная панель на террасах

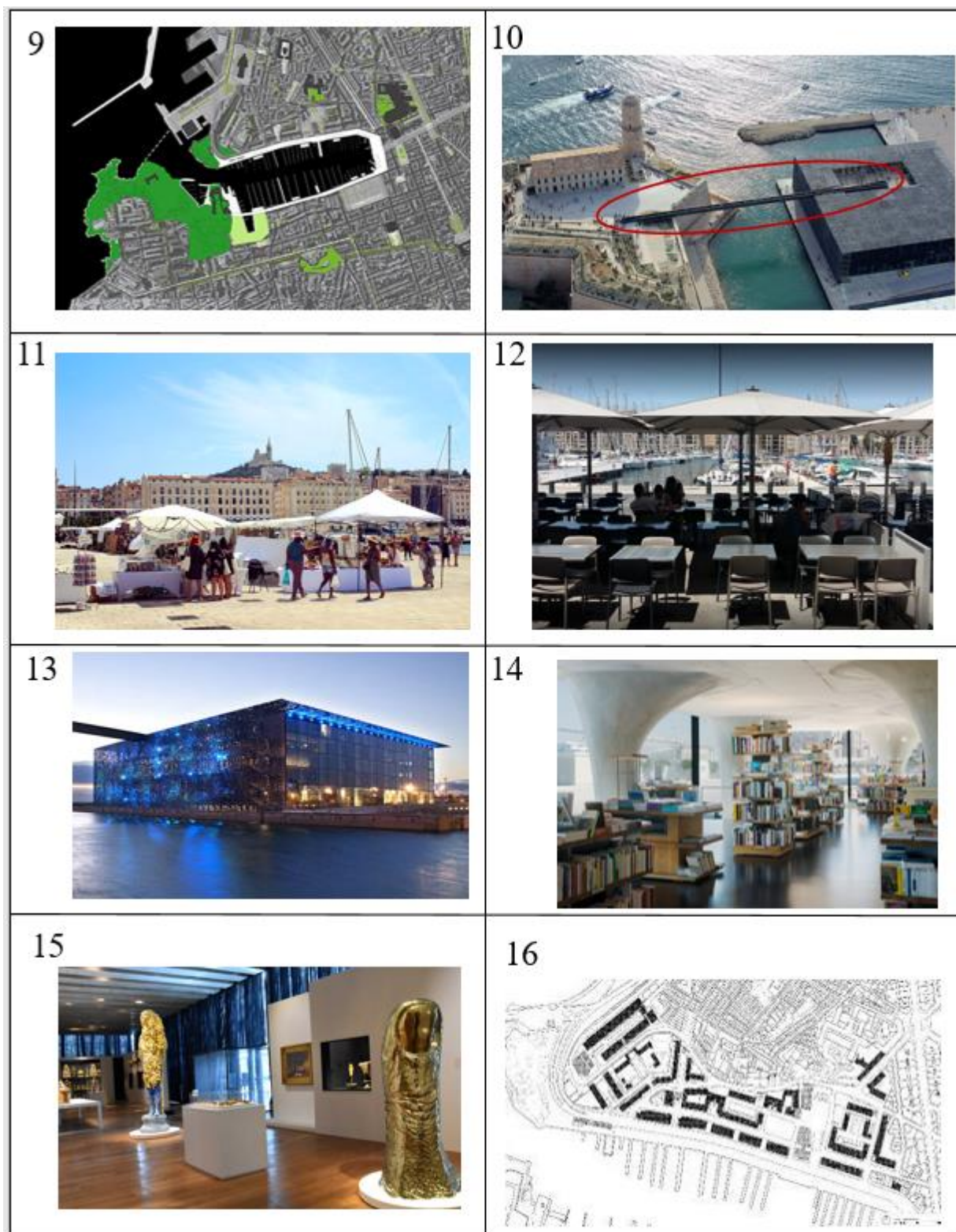


Рис. 9. Зеленые насаждения; рис. 10. Отношения между старым и новым зданием; рис. 11. "Festival Market Place" в старом порту Марселя; рис. 12. Сеть ресторанов; рис. 13. Музей цивилизаций Европы и Средиземноморья (форма); рис. 14, 15. Музей цивилизаций Европы и Средиземноморья (интерьер); рис. 16. Здания, которые были отреставрированы



Ремесленники этой городской революции вырезали каждый камень с неумолимой точностью, сохраняя древнюю душу порта, вдыхая в него новую энергию, бурю непреодолимой жизни, которая теперь пронизывает его улицы и обновленные набережные (рис. 16 цв. вклейки) [8].

Но это не только физическое преображение; это духовное возрождение, яркое подтверждение самой сути Марселя, его истории, культуры, глубокой сущности. Сквозь вихри современности Старый порт остается маяком памяти, живым свидетельством испытаний и побед, которые сформировали город и неуемный дух, который по-прежнему его наполняет.

Таким образом, это великое возрождение превосходит границы времени и пространства, освещая горизонт Марселя и других городов по всему миру. Это яркий свидетель бесконечной способности человечества превращать свои мечты в реальность, вызовы в триумфы и камни в вечные легенды.

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. Rouge, J. Les institutions romaines / Jean Rouge. – Paris : Armand Colin, 1969.
3. Vitruve Pollio, Marcus. De l'architecture / Marcus Vitruve Pollio. – Bilingue, 1990. – (Coll. des univ. de France, ISSN 0184-7155).
4. Koolhaas, R. Études sur (ce qui s'appelait autrefois) la ville / Rem Koolhaas. – Paris : Payot, 2017. – ISBN 13 : 9782228913775.
5. L'Écotois Y. Le vieux port (tome 2) / Yann de L'Écotois. – Paris : Pocket, 2002. 444 p. – EAN 9782266108645.
6. Гельфонд А.Л. Архитектурные аспекты преобразования бывших портовых территорий / А.Л. Гельфонд // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 3. – С. 40-50.
7. Piano, R. La Désobéissance de l'architecte / Renzo Piano. – Paris : Arléa, 2009. – 180 p. – EAN : 9782869598492.
8. Roncayolo, M. La Ville aujourd'hui / Marcel Roncayolo. – Paris : POINTS, 2001. – 898 p.

TALEB Hafsa, postgraduate student of the chair of architectural design

ARCHITECTURAL MODERNIZATION OF MARSEILLE'S OLD PORT: A FUSION OF TRADITIONS AND INNOVATIONS

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: Marseille port, principles, modernization, investigation.

This article analyzes the principles of modernizing the Old Port of Marseille, conducted in the 1970s and 2000s. The author explores two different approaches to requalifying the port, as well as examines the impact of this process on the coastal area specifically and on the overall cityscape.



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. Rouge J. Les institutions romaines [Roman institutions] / Jean Rouge. – Paris: Armand Colin, 1969, 320 p.
3. Vitruve Pollio, Marcus. De l'architecture [On Architecture]. Bilingue, 1990. (Coll. des univ. de France, ISSN 0184-7155).
4. Koolhaas R. Études sur (ce qui s'appelait autrefois) la ville [Studies on (What Was Formerly Called) the City]. Paris: Payot, 2017, ISBN 13: 9782228913775.
5. L'Écotais Y. Le vieux port (tome 2) [The Old Port (Volume 2)]. Paris: Pocket, 2002, 444 p., EAN 9782266108645.
6. Gelfond A. L. Arkhitekturnye aspekty preobrazovaniya byvshikh portovykh territoriy [Architectural Aspects of Transformation of Former Port Territories]. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and Construction], 2022, № 3, P. 40-50.
7. Piano R. La Désobéissance de l'architecte [The Disobedience of the Architect]. Paris: Arléa, 2009, 180 p., EAN: 9782869598492.
8. Roncayolo M. La Ville aujourd'hui [The City Today]. Paris: POINTS, 2001, 898 p.

© **TALEB Hafsa, 2025**

Получено: 27.08.2024 г.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

УДК 004.94:69

Э. Г. ЮМАТОВА, д-р пед. наук, доц., проф. кафедры инженерной графики и информационного моделирования; Н. Д. ЧУЧМАР, асс. кафедры инженерной графики и информационного моделирования; Д. М. ЛАРИОНОВ, студент

ЗАДАЧИ СТРУКТУРИЗАЦИИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 433-21-41; эл. почта: yumatova.evelina@gmail.com

Ключевые слова: параметры цифровой модели объекта строительства, нормативные требования, открытые цифровые стандарты, алгоритмы структуризации данных.

В статье рассматриваются задачи оптимальной организации данных при проектировании элементов объектов капитального строительства в технологии информационного моделирования. Выявлены проблемы в возможностях ТИМ-систем по настройке шаблона проекта и нормативной параметризации данных моделей, разработаны обобщенные алгоритмы для их решения. Внесены предложения по организации структуры данных в формате ifc для унификации операции экспорта/импорта.

Цифровые системы информационного моделирования (ТИМ) реализуют взаимно-однозначное соответствие между объектно-ориентированной параметрической трехмерной моделью строительного объекта и проектно-сметной и рабочей документацией. Оптимизация разработки конкретной цифровой модели объекта строительства или его элемента может быть реализована в ТИМ за счет структуризации: во-первых, общего шаблона для организации взаимодействия нескольких участников проекта; во-вторых, непосредственно данных самой модели для обеспечения на основе функции параметрического моделирования возможности изменения атрибутов и размерных параметров элементов модели по ходу уточнения проекта.

Общий шаблон в системах ТИМ и CAD – это цифровая среда проекта с необходимой структурой, элементами и семействами, а также с настроенными шаблонами видов, шрифтами, аннотациями, спецификациями, марками, материалами, правилами экспорта-импорта данных и др. В системе *Autodesk AutoCAD* и отечественной системе *NanoCAD* СПДС организация работы нескольких участников проекта осуществляется через шаблон «Менеджер проекта». Однако данные системы в настоящее время уходят на второй план, заменяясь ТИМ. При этом редактирование общего шаблона возможно в ТИМ *Autodesk Revit* и в *Graphisoft ArchiCAD*. Более значимым для инженера шаблоном является *ADSK Revit*, созданный для всех разделов проектирования.

Функция параметризации данных модели (размеров формы и положения) в отечественной ТИМ-системе *Renga* реализуется через создание пользовательских профилей, а связь между размерными параметрами и текстовыми атрибутами –



через создание фильтров. Следует отметить, что в *Renga* для параметров положения реализована только «частичная» параметризация, а именно высоты (уровня). При этом, проблемы «частичной» параметризации размеров формы остаются и при экспорте моделей из других программ, и которые изначально при разработке имели кроме габаритных размеров большее число параметров (форматы – *ijec*, *ijc*, *ifc* и др.). Бóльшее развитие функция параметризации данных цифровой модели получила в системе *Revit*, позволяющая не только устанавливать размерные зависимости, но и создавать типовые ряды геометрически и аналитически сложных изделий (семейства) [1, 2].

Ввиду большей геометрической, междисциплинарной сложности, проблем экспорта/импорта данных при разработке цифровых моделей объектов строительства на стадиях АР и КР предприятиями наиболее их активная разработка в системе *Revit* осуществляется в сфере проектирования инженерного оборудования и систем (ИОС). На основе достаточного числа данных в этой сфере проведен анализ отредактированных различными предприятиями шаблонов и параметров семейств инженерных систем отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВиК), представленных различными компаниями, который выявил следующие недостатки: 1) не полное соответствие атрибутов, геометрических и технических параметров цифровых моделей требованиям нормативных документов (технические регламенты, ГОСТы, ТУ) и, как один из результатов – ошибки при автоматическом заполнении спецификаций; 2) ошибки программного характера, которые при работе в шаблоне проявляются с течением времени и приводят к возникновению, как «наведенных», так и системных влияющих на расчетные показатели ошибок в исходном файле проекта. Одним из видов системных ошибок является несогласованность настройки параметров семейств производителями-разработчиками продукции систем ИОС и ТИМ-каталогов; 3) не соответствующее нормативам ГОСТ СПДС оформление проектно-сметной и рабочей документации; 4) отсутствие унификации в требованиях органов госнадзора к структуре и представлению общих и контролируемых параметров цифровых моделей зданий в части требований к составу, наименованию, информационному наполнению, соответствию классам *IFC* и типу переменных. Фрагмент сравнения перечня, типа и наименований параметров нормативных проверок элемента ОВиК, включенных в требования учреждений госэкспертизы г. Москвы и Санкт-Петербурга, представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Анализ состава и типов параметров проверок элемента «Воздуховод»
(*IfcDuct*) по требованиям учреждений экспертизы**

ГАУ Мосгосэкспертиза,	СПб ГАУ ЦГЭ
<i>1. IfcText</i>	
– Код, Имя и Марка элемента; – Код и Наименование материала, Группа горючести, Предел огнестойкости, Тип изоляции	– Позиция, Наименование, Обозначение (ТУ), Предел огнестойкости; – Имя, Тип, Класс герметичности
<i>2. IfcReal, IfcBoolean</i>	
– Толщина материала, Вес материала; – Наличие изоляции	– Расход и Скорость воздуха

Выявленные системные недостатки определили проблему и задачи исследования.

Для оптимизации редактирования общего шаблона оформления по ГОСТ СПДС в *Revit* составлен обобщенный алгоритм. Редактирование шаблона в алгоритме предполагает применение средств, как «простой» настройки параметров и системы листов, так и плагинов и программных сред, и включает: 1) применение дополнительного плагина для ускорения работы в шаблоне, например, для автоматического заполнения спецификаций (*MagiCad*); 2) включение разработанной базы ТИМ-моделей; 3) применение стандартных ТИМ-каталогов предприятий-производителей ИОС и материалов; 4) проверка шаблона на коллизии при работе с моделями сторонних предприятий для исключения пересечения геометрии элементов и отклонения нормируемых размеров между элементами модели (плагины *MagiCad* или *Navisworks*). Обычно проектировщик работает с конечным перечнем типов компаний; 5) выявление программных ошибок, приводящих к редактированию скриптов и кодов (плагин *Dynato*, редакторы *Visual Studio*, *C#*).

Для оптимизации настройки параметрических данных на примере приборов ИОС составлен обобщенный рекурсивный алгоритм информационного наполнения цифрового семейства, включающий этапы: 1) анализ нормативной документации в сфере ТИМ-моделирования [3-5]; 2) определение нормативных геометрических параметров формы и положения изделия, параметров соединительных частей (линейные, радиальные, диаметральные и угловые размеры); 3) выявление технических показателей. Определение интервала значений и дополнительных параметров; 4) задание размерных зависимостей, а также зависимостей геометрических и технических параметров от атрибутивной информации. Составление предикатов, операторов и ссылочных таблиц в формате *cvs*; 5) задание в соответствии с классами *IFC* общих, геометрических и параметров нормативных проверок (*Pset_Common*, *Qto_Quantities*, *Pset_ExpCheck*) [6].

Рассмотрим в качестве примера разработку по алгоритму в системе *Revit* составного семейства «Радиаторы стальные» (*IfcSpaceHeater*), геометрические параметры и структура которого представлены на рис. 1.

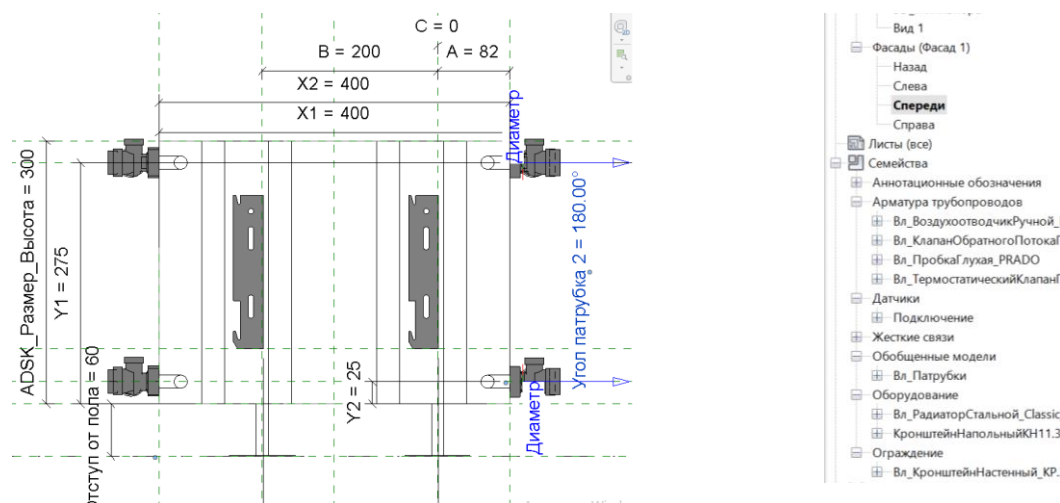


Рис. 1. Геометрические параметры и структура семейства. Фрагмент



Для установления зависимости длины прибора (переменная X1, входит также в марку прибора) от текстового атрибута «Тип подключения» был составлен следующий предикат:

1) $if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), ADSK_Размер_Длина$;

2) $if(or(Подключение = П_В_Л_В, Подключение = П_В_Л_Н, Подключение = П_В_П_Н, Подключение = П_Н_Л_В, Подключение = П_Н_Л_Н, Подключение = П_Н_П_В), 15 \text{ мм}, 0 \text{ мм}))$. Атрибут, например, Л_В_Л_Н, означает, что подключение слева сверху и слева внизу.

В результате, для конкретного типа радиатора возможен подбор подключения или, наоборот, под каждое подключение возможен выбор длины радиатора. Предикаты также составлены для определения действительного значения углового параметра патрубка «Угол патрубка» в зависимости от атрибута «Тип подключения» (рис. 2).

Размеры		
A (по умолчанию)	82.0	= 82 мм
ADSK_Диаметр условный	15.0 мм	= DSI_Диаметр
ADSK_Размер_Высота	300.0	=
ADSK_Размер_Длина (по умолчанию)	400.0	=
ADSK_Размер_Толщина	164.0	=
B (по умолчанию)	200.0	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Габариты, "B", 0 мм, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
C (по умолчанию)	0.0	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Габариты, "C", 0 мм, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
DSI_Диаметр	15.0	=
DSI_Межосевое расстояние	250.0	= ADSK_Размер_Высота - 50 мм
M (по умолчанию)	175.0	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Габариты, "A", 0 мм, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
X1 (по умолчанию)	385.0	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 15 мм, 0 мм)
X2 (по умолчанию)	15.0	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 15 мм, 0 мм)
Y1 (по умолчанию)	275.0	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 15 мм, 0 мм)
Y2 (по умолчанию)	25.0	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 15 мм, 0 мм)
Отступ от низа радиатора до настенного кронштейна	62.5	= 62.5 мм
Отступ от стены до лицевой грани (по умолчанию)	189.0	= 189 мм
Отступ от стены до оси радиатора (по умолчанию)	75.0	= Отступ от стены до лицевой грани - 114 мм
Угол патрубка 1 (по умолчанию)	180.00°	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 180.00°, 0.00°)
Угол патрубка 2 (по умолчанию)	0.00°	= if(or(Подключение = Л_В_Л_Н, Подключение = Л_В_П_В, Подключение = Л_В_П_Н, Подключение = Л_Н_Л_В, Подключение = Л_Н_П_В, Подключение = Л_Н_П_Н), 0.00°, 180.00°)

Рис. 2. Настройка геометрических параметров и текстовых атрибутов семейства

Для выбора технических параметров в зависимости от геометрии и марки устройства составлены операторы по типу «size_lookup» для отбора параметров данных (длина, высота, объем, мощность и др.) в разработанных cvs-таблицах (рис. 3, 4).

Механизмы		
ADSK_Расход жидкости (по умолчанию)	0.00 л/с	=
ADSK_Тепловая мощность (по умолчанию)	870.00 Вт	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Параметры, "Q", 0 Вт, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
DSI_Объем теплоносителя (по умолчанию)	2.25 л	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Параметры, "V", 0 л, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
DSI_Площадь поверхности (по умолчанию)	2.160 м²	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Параметры, "S", 0 м², ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
DSI_Рабочее давление	1000000.000000 Па	= 1000000 Па
DSI_Температура рабочей среды	90.00 °C	= 90 °C
DSI_Тепловой поток (по умолчанию)	859.00 Вт	= size_lookup(ТаблицаПоиска_Параметры, "Z", 0 Вт, ADSK_Размер_Высота, ADSK_Размер_Длина)
Параметры IFC		

Рис.3. Настройки технических показателей семейства

H##length##millimeters,L##length##millimeters,S##area##square_meters,M##number##general,Q##hvac_power##
300,300.000000,400.000000,0.810000,9.030000,619.000000,2.250000,582.000000,200.000000,0.000000,175.000000
300,300.000000,500.000000,1.000000,10.790000,733.000000,2.820000,704.000000,300.000000,0.000000,175.000000
300,300.000000,600.000000,1.200000,12.550000,846.000000,3.390000,825.000000,400.000000,0.000000,175.000000
300,300.000000,700.000000,1.400000,14.350000,959.000000,3.960000,947.000000,500.000000,0.000000,175.000000

Рис.4. Расчетные параметры данных в cvs-таблицах. Фрагмент



Для настройки экспорта файла проекта в перечень текстовых, булевых и действительных параметров оборудования с расширением *ifc*, стандартно содержащий только ТУ, добавлены: марка элемента, тип прибора, код, наименование и группа горючести материала, признак энергоэффективности решения.

Заключение. Выявлена необходимость оптимизации структуры данных информационных моделей объектов строительства. Разработаны обобщенные алгоритмы для редактирования шаблона и параметров данных проекта. Приведена практическая реализация алгоритмов на примере приборов ИОС. Внесено предложение о необходимости разработки Росстандартом ГОСТа, содержащего унифицированный перечень нормативных показателей *IFC* и их типов для разработки цифровых моделей объектов строительства и их элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Применение *BIM*-системы *Renga* для создания информационной модели цеха для использования при техническом перевооружении. – Текст : электронный// САПР и графика. – 2020. – № 6 (284). – С. 32–35. – URL: <https://sapr.ru/article/26068> (дата обращения: 06.06.2023).
2. Юматова, Э. Г. Информационное моделирование в строительстве. Технология *Revit* : учебное пособие для вузов / Э. Г. Юматова. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – 81 с. : ISBN 978-5-528-001418-1.
3. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31.12.2020 г. № 928/пр : дата введения 01.07.2021 г. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 195 с. – Текст : непосредственный.
4. Требования к информационным моделям объектов капитального строительства. Часть 4. – 2019. – URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/01_ObshietrebovaniyakCMzdanii_40.pdf (дата обращения: 07.09.2024). – Текст : электронный.
5. ГОСТ 31311-2022. Приборы отопительные. Общие технические условия : межгосударственный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 мая 2022 г. N 333-ст : дата введения 01.02.2023. – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 14 с. – Текст : непосредственный.
6. Юматова, Э. Г. Стандартизация контроля качества проектных работ в строительстве с применением технологии информационного моделирования / Э. Г. Юматова, Е. А. Люкина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 3. – С. 51–57.

YUMATOVA Evelina Gennadiyevna, doctor of pedagogical sciences, associate professor, professor of the chair of engineering graphics and information modeling; CHUCHMAR Nikita Dmitriyevich, assistant of the chair of engineering graphics and information modeling; LARIONOV Dmitry Mikhailovich, student

TASKS OF DATA STRUCTURING IN INFORMATION MODELING SYSTEMS IN CONSTRUCTION



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7(831) 433-21-41; e-mail: yumatova.evelina@gmail.com

Key words: parameters of a digital model of a construction project, regulatory requirements, open digital standards, data structuring algorithms.

The article discusses the problems of optimal data organization when designing elements of capital construction projects using information modeling technology. Problems in the capabilities of TIM-systems for setting up a project template and normative parameterization of these models have been identified. Generalized algorithms have been developed to solve them. Proposals have been made for organizing the data structure in the ifc-format to unify the export/import operation.

REFERENCES

1. Primenenie BIM-sistemy Renga dlya sozdaniya informatsionnoy modeli tsekha dlya ispol'zovaniya pri tekhnicheskoy perevooruzhenii [Application of the Renga BIM system for creating an information model of a workshop for use in technical re-equipment]. SAPR i grafika [SAPR and Graphics], 2020, № 6 (284), P. 32–35. URL: <https://sapr.ru/article/26068> (accessed: 06.06.2023).
2. Yumatova E. G. Informatsionnoe modelirovanie v stroitelstve. Tekhnologiya Revit [Information modeling in construction. Revit technology] : uchebnoe posobie dlya vuzov. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2022, 81 p., ISBN 978-5-528-001418-1.
3. SP 333.1325800.2020. Informatsionnoe modelirovanie v stroitelstve. Pravila formirovaniya informatsionnoy modeli obektov na razlichnykh stadiyakh zhiznennogo tsikla [Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhden i vveden v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva RF ot 31.12.2020 g. № 928/pr : data vvedeniya 01.07.2021 g. Moscow, Standartinform, 2021, 195 p.
4. Trebovaniya k informatsionnym modelyam obektov kapitalnogo stroitelstva. Chast 4 [Requirements for information models of capital construction projects. Part 4]. 2019. URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/01_ObshietrebovaniyakCMzdaniy_40.pdf (accessed: 07.09.2024).
5. GOST 31311-2022. Pribory otopitelnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Heating appliances. General technical conditions] : mezhgosudarstvennyy standart RF: utverzhden i vveden v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskoy regulirovaniyu i metrologii ot 18 maya 2022 g. N 333-st : data vvedeniya 01.02.2023. Moscow, Rossiyskiy institut standartizatsii, 2022, 14 p.
6. Yumatova E. G., Lyukina E. A. Standartizatsiya kontrolya kachestva proektnykh rabot v stroitelstve s primeneniem tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya [Standardization of quality control of design works in construction using information modeling technology]. Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizh. gos. arkh.-str. un-t. Nizhny Novgorod, 2023, № 3, P. 51–57.

© Э. Г. Юматова, Н. Д. Чучмар, Д. М. Ларионов, 2025

Получено: 28.11.2024 г.



УДК 004.273

Н. Т. СУХАНОВА, канд. пед. наук, доц. кафедры информационных систем и технологий; **А. А. ПАВЛОВ**, магистрант кафедры информационных систем и технологий

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПСЕВДОСИНХРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-92; факс: (831) 430-19-36; эл. почта: ntsuhanova@gmail.com

Ключевые слова: псевдосинхронное взаимодействие, синхронное взаимодействие, асинхронное взаимодействие, архитектурная уязвимость, микро-сервисная архитектура, архитектурные паттерны, событийно-ориентированная архитектура.

В статье рассматриваются проблемы псевдосинхронного взаимодействия в архитектуре информационных систем. Вводится понятие псевдосинхронного взаимодействия. Приводится анализ источников по теме исследования. Уделяется внимание причинам возникновения псевдосинхронного взаимодействия, теоретическим и практическим способам их предотвращения. Рассматриваются практические примеры устранения сложностей, связанных с вопросами псевдосинхронного взаимодействия. Приводятся способы применения комплексных подходов решения проблемы псевдосинхронного взаимодействия в инженерных информационных системах.

Введение. В условиях стремительного развития информационных и коммуникационных технологий архитектура информационных систем становится одним из ключевых аспектов успешного функционирования организации. При этом в современных реалиях структура приложений подразумевает частое межсервисное или вовсе более глобальное межсистемное взаимодействие. Благодаря этому, а также вследствие разнообразия в методологиях, способах и подходах к работе каждого отдельного разработчика или системного архитектора, нехватки времени или иных ресурсов порой возникает интересный недочет в архитектуре информационных систем, который будем называть псевдосинхронным взаимодействием.

В данной статье под псевдосинхронным взаимодействием подразумевается особая ситуация, когда различные компоненты системы обмениваются данными или управляют друг другом таким образом, что на первый взгляд создается ощущение синхронности, хотя на самом деле взаимодействие происходит асинхронно. По своей сути, можно рассматривать этот аспект как граничное пересечение данных типов общения. Это может быть связано с временными задержками в передаче данных, разными обработчиками событий или спецификой работы сетевых протоколов. В итоге пользователи могут не осознавать, что фактически взаимодействие происходит не в реальном времени, что может приводить к искажениям и задержкам в обработке информации.



Проблема псевдосинхронного взаимодействия затрагивает как инженерные информационные системы, в том числе ТИМ, СОД, СУИД и пр., так и информационные системы бизнес-процессов.

Особую значимость решение проблемы псевдосинхронного взаимодействия имеет в рамках разработки инженерных информационных систем, включающих построение средств цифрового документирования, электронных архивов технической документации, а также в процессе создания связи с изготовителем и потребителем изделий.

Цель данной статьи – проанализировать проблему псевдосинхронного взаимодействия в архитектуре инженерных информационных систем, выявить ее причины, последствия и предложить рекомендации по улучшению архитектурных решений. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- определить ключевые характеристики и параметры, которые позволяют идентифицировать псевдосинхронное взаимодействие в системах;
- исследовать основные причины возникновения псевдосинхронности, включая особенности проектирования и реализации систем;
- рассмотреть влияние псевдосинхронного взаимодействия на пользовательский опыт и функционирование приложений;
- разработать рекомендации для системных архитекторов и разработчиков по минимизации рисков, связанных с псевдосинхронным взаимодействием;
- детально рассмотреть несколько практических вариантов решения конкретного случая проблемы в архитектуре двух взаимодействующих между собой информационных систем.

Проблема псевдосинхронного взаимодействия может оказать существенное влияние на производительность, надежность и управляемость информационных систем. Особенно тяжело приходится другим сервисам, которые так или иначе вынуждены обращаться к псевдосинхронным частям таких систем. Недостаточное внимание к деталям их работы и недочеты некоторых особенностей в процессе разработки взаимодействия с псевдосинхронными участками могут легко привести к краху всех взаимосвязанных систем, что может также повлечь за собой и более серьезные проблемы уже вне технологического поля.

Проблема существующих исследований. Рассмотрение архитектурных уязвимостей и способов их решения в информационных системах поднимается довольно часто. Особенно это характерно для набирающей популярность микро-сервисной архитектуры, в рамках которой по большей части и возникает рассматриваемая проблема из-за необходимости взаимодействия между собой разных сервисов. Так М. Н. Карпович в своей работе рассматривает как преимущества, так и недостатки микро-сервисной архитектуры, при этом затрагивая шаблоны проектирования, методики разработки и даже интересующие в рамках данного исследования режимы взаимодействия сервисов [1]. В работе упоминается и даже анализируется асинхронное взаимодействие с помощью брокеров сообщений, однако этого недостаточно для решения проблемы.

О. А. Тимакина, А. В. Зиборева рассматривают синхронно-асинхронные взаимодействия, однако в работах уделяется внимание только одному типу взаимодействия [2, 3]. Авторы затрагивают основные принципы синхронного общения, однако в них отсутствует глубокий анализ сложных сценариев, связанных с непосредственным использованием данного типа взаимодействия, не



говоря уже о рассмотрении альтернативы в виде асинхронной связи. Особого внимания заслуживает статья К. С. Глумова, в которой он подробно рассматривает асинхронный вид взаимодействия на примере реактивного программирования, которое по своей сути является более частной формой данного типа общения [4]. Работа вполне самостоятельна и хорошо раскрывает тему, но она также затрагивает лишь один тип взаимодействия, рассматривая его практическое применение в общем виде, без каких-либо граничных моментов и исключений. Аналогично, недосказанность в виде рассмотрения лишь асинхронного типа взаимодействия присутствует и в работах Е. А. Тришина, Н. А. Ивановой и А. М. Сотченкова [5, 6].

Как показал анализ источников, большая часть из них рассматривает преимущества и недостатки синхронного и асинхронного взаимодействия между информационными системами, приводятся общие примеры их реализации [7, 8]. То есть, исследуются лишь основные принципы двух типов взаимодействия без какого-либо глубокого анализа сложных сценариев. В этих источниках не уделяется внимание отклонениям от стандартных формулировок данных режимов взаимодействия, которым и является псевдосинхронный тип общения сервисов. Неполнота информации большинства рассмотренных работ указывает на актуальность темы исследования.

Разновидности и причины появления проблемы. Существует множество разновидностей рассматриваемой проблемы и, как следствие, причин их появления. Одной из самых заметных является разница в скорости обработки данных. Компоненты системы могут иметь разные временные характеристики: один модуль может обрабатывать запросы мгновенно, в то время как другой может требовать больше времени из-за сложности операций или задержек в доступе к ресурсам. Эта разница заставляет один компонент ожидать ответа от другого, что и создает временной разрыв и недопонимание среди пользователей.

Кроме того, современные информационные системы часто функционируют в распределенной среде, что подразумевает наличие множества компонентов, расположенных на разных серверах или в различных географических точках. При взаимодействии между такими компонентами сетевые задержки становятся неизбежными, поскольку время, необходимое для передачи данных, может варьироваться. Даже в высокоскоростных сетях наличие задержек может привести к проблемам синхронизации и взаимодействия между элементами системы.

Асинхронные модели взаимодействия, которые становятся все более популярными в архитектуре микро-сервисов и событийно-ориентированного программирования, также могут способствовать развитию псевдосинхронного поведения [1]. Такие модели часто проектируются в целях повышения гибкости и масштабируемости, и хотя они могут быть весьма эффективными, они порой создают ложное ощущение синхронности. Когда один сервис отправляет запрос другому и продолжает свою работу без ожидания ответа, может складываться впечатление, что система функционирует без задержек, однако реальность такова, что фактические задержки остаются незамеченными.

Использование кэширования данных, направленного на ускорение доступа и оптимизации нагрузки на базу данных, также может привести к возникновению псевдосинхронного взаимодействия. Кэш может содержать устаревшие данные, если информация в основной базе данных была обновлена, но изменения не

синхронизировались с кэшем. Это ведет к тому, что компоненты, полагающиеся на кэш для получения информации, могут работать с некорректными данными, создавая впечатление синхронности, которая на деле отсутствует.

Другим важным аспектом является проблема согласованности данных. Когда несколько компонентов одновременно работают с одной и той же информацией, это может привести к конфликтам и несоответствиям. В распределенных системах обновления данных могут происходить в одном месте, но не синхронизироваться с другими частями системы, что создает временные несоответствия и вызывает трудности во взаимодействии между пользователями и компонентами. Непредсказуемые сбои в работе системы, такие как проблемы с сетью или отказ аппаратного обеспечения, также могут способствовать появлению псевдосинхронного поведения. Когда часть системы становится недоступной, это создает временные задержки, которые не всегда очевидны для пользователей и других компонент, продолжающих попытки взаимодействия с недоступным модулем.

Стратегии по предотвращению проблемы. Для минимизации негативных последствий псевдосинхронного взаимодействия в информационных системах можно применить ряд стратегий, способствующих повышению их эффективности и надежности. Важным шагом является улучшение мониторинга системы: внедрение систем логирования и отслеживания времени отклика поможет выявить узкие места и определить, где возникают задержки. Оптимизация архитектуры также играет ключевую роль в решении данной проблемы. Использование архитектурных паттернов, таких как *CQRS* (разделение ответственности команд и запросов) или *Event Sourcing* (сохранение состояния системы в виде событий), позволяет более эффективно управлять состоянием и согласованностью данных, что, в свою очередь, снижает вероятность возникновения псевдосинхронных ситуаций.

Кроме того, стоит рассмотреть возможность применения асинхронных методов программирования. Замена синхронных вызовов на асинхронные может разгрузить систему и значительно повысить ее производительность, позволяя компонентам работать более эффективно и независимо друг от друга. Важно также не забывать об обучении пользователей: понимание принципов работы системы и наличие эффективных механизмов обратной связи помогут пользователям легче ориентироваться в ее функционале и состояниях процессов, что снизит их тревожность в ситуациях, когда происходит задержка.

Практические примеры решения проблемы. Рассмотрим небольшой практический пример, где проблема псевдосинхронного взаимодействия возникла из-за неправильного выбора типа общения между системами при планировании архитектуры. Перед нами предстанет довольно простой сервис формирования отчетов, к которому время от времени обращается сторонний для их получения, общая схема данного сервиса представлена на рис. 1. В текущей реализации процесс занимает минимум времени и работает по принципу синхронного взаимодействия, по своей сути блокируя процесс до возвращения отчета как ответа на запрос сторонней системы [2].

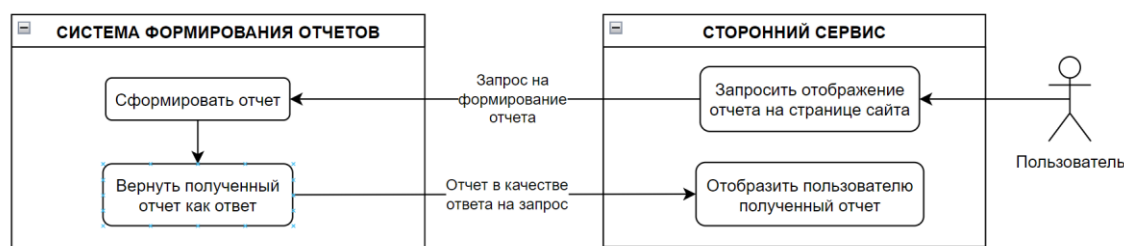


Рис. 1. Процессы, протекающие в инженерных информационных системах формирования отчета

Однако, со временем состав данного отчета и количество данных в нем только увеличивается, вследствие чего растет и время ожидания его формирования. Появляется потребность в изменении логики работы данного процесса, теперь изначальный запрос лишь инициирует старт действия и в ответ посылает информацию об успешности его запуска. Для получения результата или же просто проверки статуса теперь используется отдельный запрос. Общая схема новой реализации в системе формирования отчетов для лучшего понимания представлена с помощью спецификации *BPMN* на рис. 2. При этом стоит отметить, что проверки вводных данных, обработка ошибок и прочие мелкие моменты опущены для упрощения вида диаграммы.

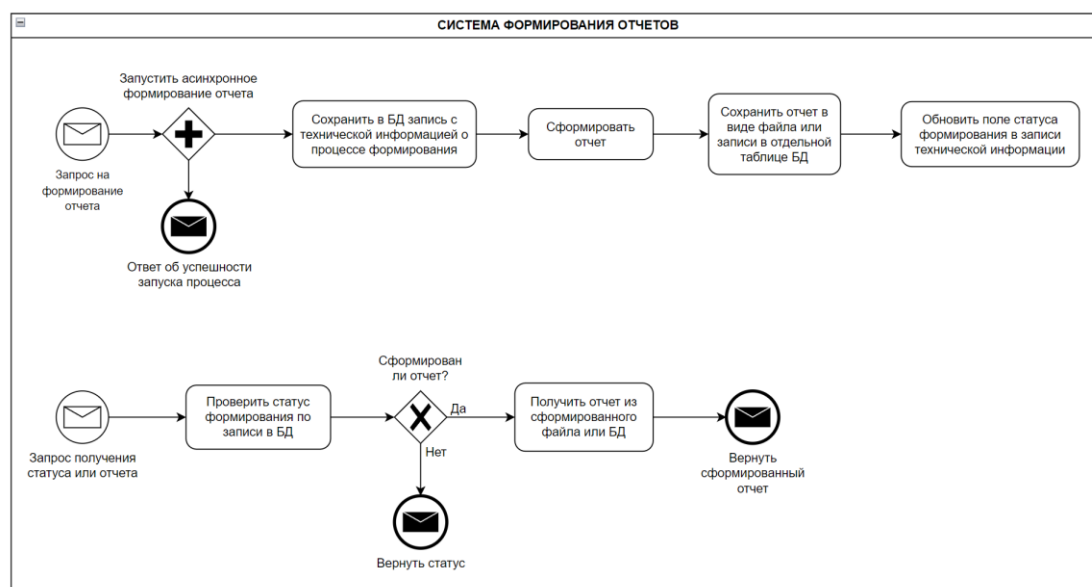


Рис. 2. Псевдосинхронный процесс формирования отчета

Таким образом, получается реализовать псевдосинхронное взаимодействие, когда мы, с одной стороны, общаемся синхронным способом, ожидая какую-либо информацию, хотя, с другой стороны, вынуждены постоянно проверять ее появление дополнительными, скорее всего неоднократными запросами. Текущее архитектурное решение повлечет за собой внушительные изменения в смежных системах, которым необходимо получение упомянутых отчетов. Чаще всего подобная ситуация возникает из-за отсутствия преждевременного планирования и

расчета масштабирования системы и ее логики в дальнейшем, а также отсутствия времени и ресурсов на изменение уже существующей архитектуры на более подходящую.

Пути решения рассматриваемой проблемы. Есть несколько путей решения данной разновидности рассматриваемой проблемы, в зависимости от количества времени, ресурсов и возможности изменения системы формирования отчетов. Поскольку порой мы можем выступать исключительно со стороны «стороннего» сервиса без возможности влияния на остальные.

Первым и наиболее правильным вариантом в таком случае будет перевод взаимодействия с сервисом формирования отчетов на полностью асинхронное. Сделать это можно посредством использования брокеров сообщений, архитектуры и способов применения, которые рассматривает в своей работе Тришин Е. А., сравнивая несколько самых популярных подобных инструментов [5]. Они представляют собой промежуточный сервис хранения и управления сообщениями, которые уже будут отправляться и читаться определенными системами.

Архитектура самих приложений будет при этом сильно похожа на последнюю рассмотренную, поскольку нам все также приходится сначала отправить запрос в сервис отчетов, специальный слушатель на нашей стороне должен дождаться ответного сообщения, и уже по отдельному запросу внешнее представление будет получать данные в отчете. Единственное исключение заключается в том, что теперь система формирования отчетов лишь выполняет сам основной процесс, а все остальные взаимодействия происходят уже на стороне прочих сервисов. Общая схема их работы при таком варианте представлена на рис. 3, 4.

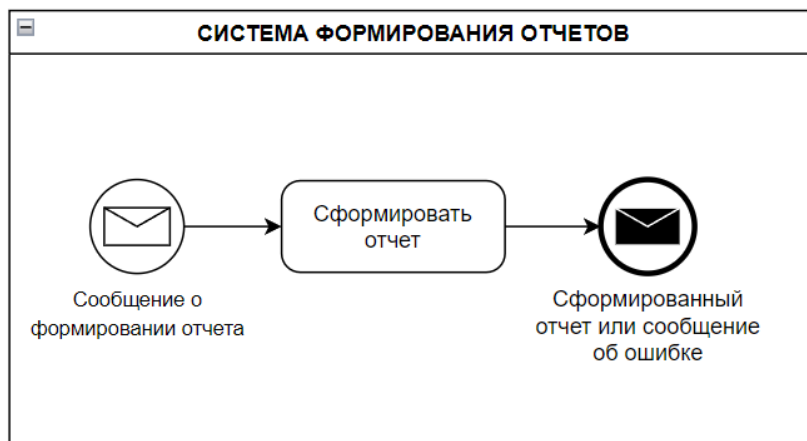


Рис. 3. Работа системы формирования отчетов при задействовании брокера сообщений

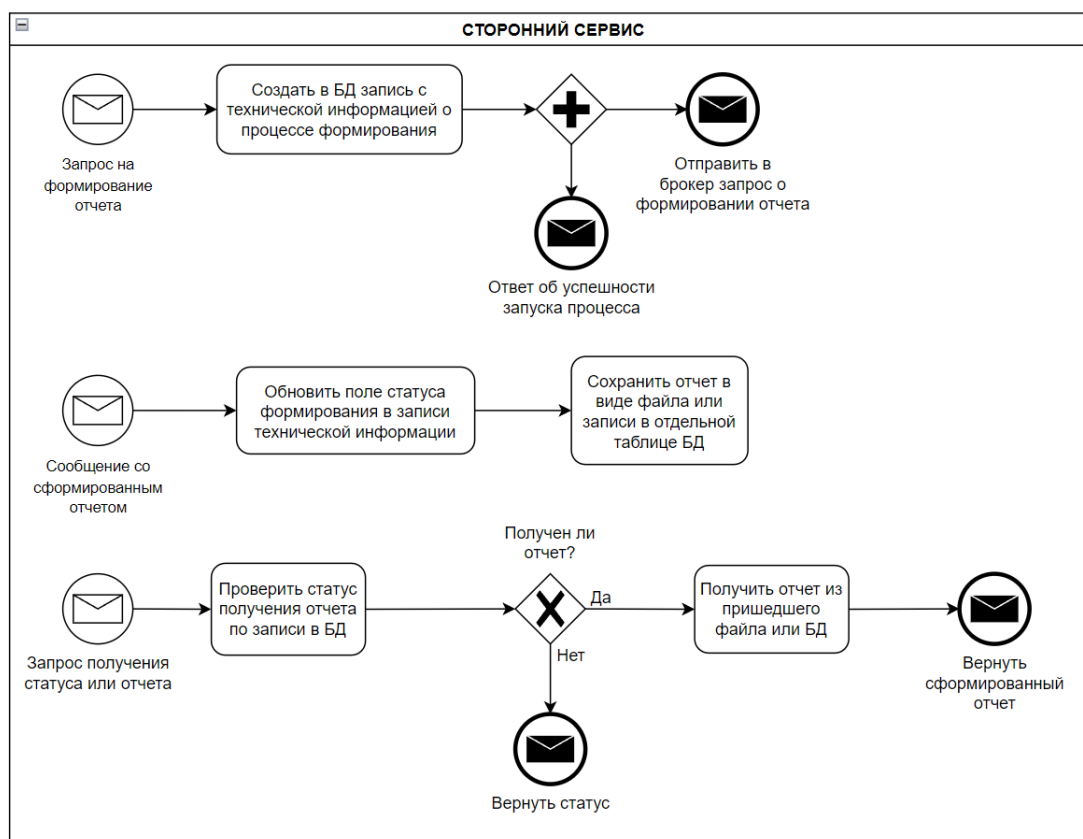


Рис. 4. Работа сторонних систем при взаимодействии с сервисом формирования отчетов с помощью брокера сообщений

Однако, довольно часто происходит так, что мы не можем повлиять на исходную систему и тем более ее архитектуру. В таком случае, сервис формирования отчетов у нас будет представлен все той же схемой, представленной на рис. 2. Сторонние же системы будут вынуждены адаптироваться к этим изменениям путем доработки уже своей архитектуры, в частности, добавлением множественной асинхронной отправки запросов для получения текущего статуса процесса. На рис. 5 подробно представлена реализация обработки подобной логики со стороны других сервисов.

По своей сути мы просто грамотно обрабатываем недостаток архитектуры системы формирования отчетов, выполняем множественное обращение к ней с заданным временным промежутком. При этом ничего не мешает дополнить реализацию ограничением по количеству подобных повторяющихся запросов, после достижения которых возможно отображение для пользователя информационного сообщения о неудаче.

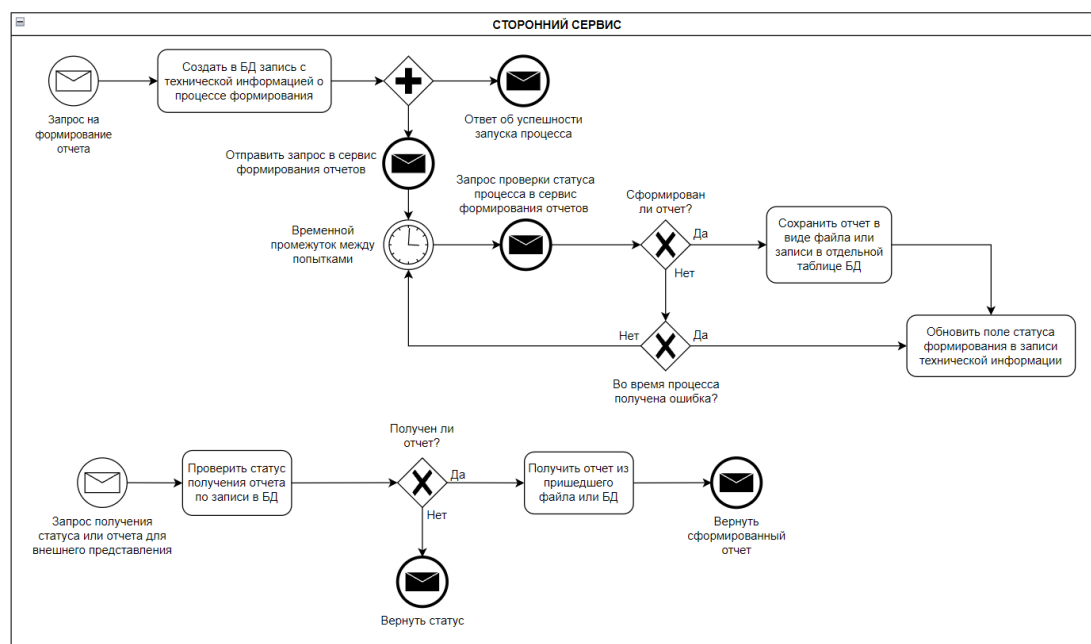


Рис. 5. Обработка псевдосинхронного взаимодействия

Заключение. Проблема псевдосинхронного взаимодействия в архитектуре инженерных информационных систем, которые являются основными инструментами цифровой поддержки жизненного цикла изделий, представляет собой значительный вызов современным подходам к проектированию и реализации IT-решений. Псевдосинхронность может привести к различным неисправностям, замедлению обработки данных и ухудшению качества обслуживания пользователей. Неэффективная координация между компонентами системы может снизить общую производительность и увеличить время отклика, что критично в условиях растущих требований к скорости и надежности информационных систем.

Для решения данной проблемы необходимо применять комплексные подходы, включая использование современных архитектурных стилей, таких как микро-сервисы и событийно-ориентированную архитектуру, а также внедрение стандартов и протоколов, способствующих лучшей интеграции и взаимодействию между компонентами. Особое внимание следует уделить вопросам управления состояниями, обработки событий и мониторинга систем в реальном времени.

Таким образом, дальнейшие исследования в области псевдосинхронного взаимодействия и разработки практических методов его преодоления станут важным шагом в направлении создания более эффективных и устойчивых инженерных информационных систем, способных справляться с вызовами цифровой эпохи. Это позволит организациям реализовывать свои бизнес-цели и предлагать качественные услуги, соответствующие ожиданиям пользователей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпович, М. Н. Особенности проектирования микросервисно-событийных архитектур для высоконагруженных распределенных систем обработки информации / М.



Н. Карпович. – Текст : непосредственный // Труды БГТУ. Серия 3. Физико-математические науки и информатика. – 2023. – № 1 (266). – С. 89–95.

2. Тимакин, О. А. Организация синхронного взаимодействия для интеграции информационных систем / О. А. Тимакин. – Текст : непосредственный // Евразийский научный журнал. – 2017. – № 1. – С. 19–23.

3. Зиборов, А. В. Антипаттерны построения микросервисных приложений в высоконагруженных проектах. – Текст : непосредственный // Universum : технические науки. – 2023. – № 11–1 (116). – С. 29–34.

4. Глумов, К. С. Преимущества реактивного подхода в высоконагруженных микросервисных системах / К. С. Глумов. – Текст : непосредственный // Вестник науки. – 2024. – № 10 (79). – С. 410–426.

5. Тришин, Е. А. Исследование брокеров сообщений в приложениях с микросервисной архитектурой / Е. А. Тришин. – Текст : электронный // Вестник науки : международный научный журнал. – 2024. – Том 3, № 6 (75). – С. 1469–1474. – URL: <https://www.vestnik-nauki.rf/article/16086>.

6. Иванова, Н. А. Организация взаимодействия между компонентами микросервисной архитектуры системы контроля и управления доступом / Н. А. Иванова, А. М. Сотченков. – Текст : непосредственный // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2024. – № 2 (34). – С. 15–19.

7. Синхронное vs Асинхронное : выбираем подход к взаимодействию микросервисов. – URL: <https://vc.ru/u/1788045-aleksei-solonkov/709274-sinhronnoe-vs-asinhronnoe-vybiraem-podhod-k-vzaimodeistviyu-mikroservisov> (дата обращения: 07.12.24). – Текст : электронный.

8. Зачем нужны очереди сообщений в микросервисной архитектуре : разбираем преимущества и недостатки. – URL: <https://cloud.vk.com/blog/zachem-nuzhny-ocheredi-soobshcheniy-v-mikroservisnoy-arkhitekture/> (дата обращения: 07.12.24). – Текст : электронный.

SUKHANOVA Nadezhda Timofeevna, candidate of pedagogical sciences, associate professor, associate professor of the chair of information systems and technologies; PAVLOV Aleksey Andreevich, master degree student of the chair of information systems and technologies

SOLVING THE PROBLEM OF PSEUDOSYNCHRONOUS INTERACTION IN DIGITAL PRODUCT LIFECYCLE SUPPORT SYSTEMS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-92; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: ntsuhanova@gmail.com

Key words: pseudosynchronous interaction, synchronous interaction, asynchronous interaction, architectural vulnerability, microservice architecture, architectural patterns, event-driven architecture.

The article considers the problems of pseudosynchronous interaction in the architecture of information systems. The concept of pseudosynchronous interaction is introduced. An analysis of sources on the topic of the study is given. Attention is paid to the causes of pseudosynchronous interaction, theoretical and practical ways to prevent them. Practical examples of eliminating the difficulties associated with pseudosynchronous interaction issues are considered. Methods for applying complex approaches to solving the problem of pseudosynchronous interaction in engineering information systems are presented.



REFERENCES

1. Karpovich M. N. Osobennosti proektirovaniya mikroservisno-sobytiynykh arkhitektur dlya vysokonagruzhennykh raspredelennykh sistem obrabotki informatsiy [Features of designing microservice-event architectures for high-loaded distributed information processing systems]. Trudy BGTU. Seriya 3. Fiziko-matematicheskie nauki i informatika [Proceedings of BSTU. Series 3. Physical and Mathematical Sciences and Informatics], 2023, № 1 (266), P. 89–95.
2. Timakin O. A. Organizatsiya sinkhronnogo vzaimodeystviya dlya integratsii informatsionnykh sistem [Organization of synchronous interaction for the integration of information systems]. Evraziyskiy nauchnyy zhurnal [Eurasian Scientific Journal], 2017, № 1, P. 19–23.
3. Ziborev A. V. Antipatterny postroeniya mikroservisnykh prilozheniy v vysokonagruzhennykh proektakh [Antipatterns of building microservice applications in high-loaded projects]. Universum : tekhnicheskie nauki [Universum : Technical Sciences], 2023, № 11–1 (116), P. 29–34.
4. Glumov K. S. Preimushchestva reaktivnogo podkhoda v vysokonagruzhennykh mikroservisnykh sistemakh [Advantages of the reactive approach in high-loaded microservice systems]. Vestnik nauki [Bulletin of Science], 2024, № 10 (79), P. 410–426.
5. Trishin E. A. Issledovanie brokerov soobshcheniy v prilozheniyakh s mikro-servisnoy arkhitekturoy [Research of message brokers in applications with micro-service architecture]. Vestnik nauki : mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal [Bulletin of Science: International Scientific Journal], 2024, Vol. 3, № 6 (75), P. 1469–1474. URL: <https://www.вестник-науки.рф/article/16086>.
6. Ivanova N. A., Sotchenkov A. M. Organizatsiya vzaimodeystviya mezhdru komponentami mikroservisnoy arkhitektury sistemy kontrolya i upravleniya dostupom [Organization of interaction between components of the microservice architecture of the access control and management system]. Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific Notes of Bryansk State University], 2024, № 2 (34), P. 15–19.
7. Sinkhronnoe vs Asinkhronnoe : vybiraem podkhod k vzaimodeystviyu mikroservisov [Synchronous vs Asynchronous : choosing an approach to microservice interaction]. URL: <https://vc.ru/u/1788045-aleksei-solonkov/709274-sinhronnoe-vs-asinhronnoe-vybiraem-podhod-k-vzaimodeistviyu-mikroservisov> (accessed: 07.12.24).
8. Zachem nuzhny ocheredi soobshcheniy v mikroservisnoy arkhitekture : razbiraem preimushchestva i nedostatki [Why message queues are needed in a microservice architecture: analyzing advantages and disadvantages]. URL: <https://cloud.vk.com/blog/zachem-nuzhny-ocheredi-soobshcheniy-v-mikroservisnoy-arkhitekture/> (accessed: 07.12.24).

© Н. Т. Суханова, А. А. Павлов, 2025

Получено: 21.02.2025 г.



С прискорбием сообщаем, что 17 марта 2025 года скоропостижно скончался старейший преподаватель кафедры Общей физики и теоретической механики профессор Аистов Анатолий Сергеевич.

Анатолий Сергеевич родился 22 октября 1941 года. На протяжении сорока восьми лет жизнь Анатолия Сергеевича была связана с Нижегородским государственным архитектурно-строительным университетом. За эти годы проявился его талант учёного, преподавателя и воспитателя студенчества. Благодаря своей компетентности и доброжелательности Анатолий Сергеевич заслуженно пользовался любовью и уважением коллег и студентов. В 2000 году за заслуги в области образования Анатолий Сергеевич был удостоен звания «Почетный работник высшего профессионального образования России». Научные работы Анатолия Сергеевича высоко оцениваются специалистами.

Сохраним светлую память об этом замечательном человеке.

Кафедра общей физики и теоретической механики

Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, редакционная коллегия «Приволжского научного журнала» выражают глубокие соболезнования родным и близким Аистова Анатолия Сергеевича.

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



Григорьев, Ю. С. Численное моделирование работы горизонтально нагруженных свайных фундаментов : монография / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2024. – 108 с.

ISBN 978-5-528-00590-4

В монографии приведены результаты выполненного авторами численного моделирования взаимодействия забивных призматических свай, «свайно-грунтовых диафрагм» и компактных «групп» свай с грунтовым основанием в пространственной постановке с использованием сертифицированного

программного комплекса «*MIDAS GTS NX*», широко применяющихся при проектировании уникальных объектов гражданского, промышленного и транспортного назначения.

В монографии подробно описан процесс разработки трёхмерных конечно-элементных моделей геомеханических систем «свая – грунтовой массив» с использованием процедур верификации и валидации, разработанных ведущими мировыми организациями в области инженерных расчётов *NAFEMS* и *ASME*, приведены результаты апробации разработанной авторами численной модели геомеханической системы «свая – грунтовой массив» с использованием свай различной длины, работающих в различных инженерно-геологических условиях, при передаче на сваи вдавливающих, выдёргивающих и горизонтальных нагрузок.

Авторская методика разработки конечно-элементных моделей геомеханических систем: «свая – грунтовой массив» и «свайный фундамент – грунтовое основание», могут быть использованы: 1) для исследований работы свай различных конструкций под действием разнообразных нагрузок; 2) для разработки и исследований работы различных геомеханических систем «свайный фундамент-грунтовое основание», позволяющих выбрать из большого количества возможных вариантов устройства свайных фундаментов в заданных инженерно-геологических условиях наиболее эффективную фундаментную конструкцию.

Результаты исследований, выполненных авторами, представляют интерес для научных работников, проектировщиков и строителей, а также для студентов, магистрантов и аспирантов, обучающихся по специальностям строительного профиля.



ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНОЙ СТАТЬИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ «ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

1. Список материалов, необходимых для публикаций 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 в виду язык основного текста статьи, т.к. часть материалов статьи должна оформляться на обоих языках).

1.2. Рукопись статьи представляется в 2-х экземплярах в печатном виде на листах формата А4 (оформление см. п.2) и в электронном виде (оформление – см. п. 3). ***Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.***

1.3. Сопроводительные документы к рукописи статьи должны включать в себя:

1.3.1. Сопроводительное письмо в 2-х 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. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати в 2-х 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 секторе результатов интеллектуальной деятельности ОРНД (корпус III, 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.

1.3.3. Лицензионное соглашение (форма лицензионного соглашения приведена на сайте <http://www.pnj.nngasu.ru>), являющееся письменным подтверждением согласия каждого автора с публикацией статьи в «Приволжском научном журнале».

1.3.4. Справка об оригинальности научной статьи из системы

«Антиплагиат», заверенная подписью и печатью организации, в которой выполнена основная часть работы (к рассмотрению принимаются статьи с оригинальностью **не менее 70%**).

1.4. Если авторами статьи являются работники различных организаций (юридических лиц), то сопроводительные документы оформляются от одной из организаций (по усмотрению авторов).

1.5. Если автором статьи является аспирант (без научного руководителя в соавторах), то в число сопроводительных документов должна входить выписка из протокола заседания кафедры, к которой прикреплен аспирант (отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа) с рекомендацией статьи к публикации в «Приволжском научном журнале» в 2-х экземплярах в печатном виде на листах формата А4.

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**;
- академические звания, ученые степени и ученые звания авторов **на русском языке** (звания в негосударственных академиях 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, 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**;
- сведения о финансировании (при наличии);
- авторский вклад и указание об отсутствии конфликта интересов;
- библиографический список **на русском языке** (не менее 10 (десяти) источников);
- фамилии, имена, отчества (полностью) авторов **на английском языке**;
- академические звания, 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, 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 10 (десяти) источников);

- знак охраны авторского права, состоящий из следующих элементов: латинская буква «С» в окружности, инициалы и фамилии 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. Основной текст статьи должен быть структурирован: «Введение», не менее 2-х разделов (например, «Материалы и методы», «Результаты исследования» или другие разделы по усмотрению авторов), «Выводы» или «Заключение».

2.4. При оформлении рукописи статьи необходимо соблюдать следующие требования:

2.4.1. 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/м². Размеры полей страниц: верхнее 25 мм, нижнее 25 мм, левое 25 мм, правое 25 мм. Страницы должны быть пронумерованы в нижней правой части.

2.4.2. 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 (полутонный) 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 (набирается курсивом), ключевые слова, библиографический список.

2.4.3. 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.

2.4.4. Текст статьи может включать формулы, которые должны набираться только с использованием редактора формул «Microsoft Word». 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).

2.4.5. 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, таблиц, графиков, фотографий и др. графических материалов Times New Roman Сут, 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 2-х, либо на 4-х отдельных страницах (но не более 4-х 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).

2.4.6. 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 10 (десяти). В качестве цитируемых литературных источников должны использоваться научные статьи, опубликованные за последние 5 лет в российских и зарубежных рецензируемых научных периодических изданиях. Самоцитирование – не более 30%. Не допускается ссылаться на учебники и учебные пособия, научно-популярную и нормативную (СП, ГОСТы и т.п.) 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).

2.4.7. Применение инструментов искусственного интеллекта должно документироваться авторами статьи в разделе методов исследования. Редакция имеет право отклонить рукопись, если, в том числе с использованием технических средств, установлен факт использования инструментов искусственного интеллекта, не отраженный в тексте статьи.

2.4.8. 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.



2.5. 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 необходимо направить на электронную почту ответственного секретаря «Приволжского научного журнала» – pnj-sec@mail.ru.

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»). Представление графиков, рисунков и т. п. графических материалов в виде отсканированных изображений не допускается. Файлы фотографий должны иметь расширение «jpg». Диаграммы, графики и прочие графические материалы, построенные в табличном редакторе EXCEL должны быть также вставлены в текст документа как графический материал (в формате «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 в редакцию журнала 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 отдел документооборота и делопроизводства ННГАСУ (г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, корпус I, 1-й этаж, каб. 127).

Также материалы необходимо направить на электронную почту ответственного секретаря «Приволжского научного журнала» – pnj-sec@mail.ru.

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 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 электронной 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 статей. К доработанной рукописи статьи необходимо приложить документ «Ответы на замечания рецензента», оформленный в свободной форме в печатном виде на листах формата А4, в 2-х 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 электронной почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Не рекомендуется к публикации».

5.6. Не допускаются к публикации в «Приволжском научном журнале»:

- статьи, содержащие ранее опубликованный материал;
- статьи, оформленные без соблюдения правил оформления статей;
- статьи, авторы которых не исполняют требования редакции по технической доработке статей;
- статьи, авторы которых не выполняют конструктивные замечания рецензента или аргументированно не опровергают их.

5.7. Редакция не вступает с авторами в содержательное обсуждение статей, переписку по методике написания и оформления научных статей и не занимается доведением текстов статей до необходимого научно-методического уровня.

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 опубликование научных статей редакцией 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, строительная механика и гидротехническое строительство;

Инженерные сети и сооружения, инженерная гидрология, экологическая безопасность и охрана водных ресурсов;

Технология и организация строительства, производство строительных материалов и изделий;

Архитектура и градостроительство;

Геометрическое и компьютерное моделирование технических систем, цифровая поддержка жизненного цикла изделий.

Журнал входит в Перечень рекомендуемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научным специальностям 2.1.1, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5, 2.1.6, 2.1.10, 2.1.11, 2.1.12, 2.1.13.

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

