

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2/2024

2

2024



ISSN 1995-2511



ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

№ 2

Июнь 2024

Нижний Новгород

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 2 (70)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2024. 264 с., 11 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 техн. наук, доц. В. В. МОЛОДИН; д-р техн. наук, доц. З. Р. МУХАМЕТЗЯНОВ; д-р наук, проф. Ф. НЕСТМАНН; д-р техн. наук, канд. экон. наук, доц. Л. А. ОПАРИНА; д-р техн. наук, доц. Е. В. ПОЗНЯК; д-р техн. наук, проф. Е. В. ПОПОВ; д-р техн. наук, проф. С. И. РОТКОВ; д-р техн. наук, проф. С. В. СТЕПАНОВ; засл. деят. науки РФ, д-р физ.-мат. наук, проф. Р. Г. СТРОНГИН; д-р техн. наук, проф. В. П. СУЧКОВ; чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. Ю. А. ТАБУНЩИКОВ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТЕЛИЧЕНКО; д-р техн. наук, проф. А. В. ТОЛОК; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТРАВУШ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. С. В. ФЕДОСОВ; д-р техн. наук, проф. Р. С. ФЕДЮК; д-р техн. наук, проф. М. Н. ЧЕКАРДОВСКИЙ; д-р физ.-мат. наук, проф. Е. В. ЧУПРУНОВ; д-р техн. наук, проф. А. И. ШЕИН

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

Подписано в печать 28.06.2024 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,1 + вкл. 1,75. 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, 2024

ISSN 1995-2511



THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

Scientific periodical

№ 2

June 2024

Nizhny Novgorod

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 technical sciences, associated professor V. V. MOLODIN; doctor of technical sciences, associated professor Z. R. MUKHAMETZIANOV; Prof. Dr.-Ing. F. NESTMANN; doctor of technical sciences, candidate of economy sciences, associated professor L. A. OPARINA; doctor of technical sciences, associated professor E. V. POZNYAK; doctor of technical sciences, professor E. V. POPOV; doctor of technical sciences, professor S. I. ROTKOV; doctor of technical sciences, professor S. V. STEPANOV; honoured worker of science of RF, doctor of physical-mathematical sciences, professor R. G. STRONGIN; doctor of technical sciences, professor V. P. SUCHKOV; corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor Yu. A. TABUNSHCHIKOV; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TELICHENKO; doctor of technical sciences, professor A. V. TOLOK; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TRAVUSH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor S.V. FEDOSOV; doctor of technical sciences, professor R.S. FEDIUK; doctor of technical sciences, professor M. N. CHEKARDOVSKY; doctor of physical-mathematical sciences, professor E. V. CHUPRUNOV; doctor of technical sciences, professor A. I. SHEIN

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

Signed for publishing on 28.06.2024. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 23.1 + illust. 1.75. 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.ннгу.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, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Антонов А. И., Леденев В. И., Матвеева И. В., Шубин И. Л. Методика расчета ненормируемых показателей импульсного шума, используемых при оценке шумового режима в производственных зданиях 9

Пронин В. В. Анализ и оптимизация фланцевых соединений растянутых элементов из равнобоких уголков..... 20

Шарынин Б. Э. Численное моделирование распределения влаги в соединениях деревянных конструкций на металлических зубчатых пластинах 30

Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Экспериментальные исследования работы горизонтально нагруженных моделей свайно-грунтовых диафрагм в массиве глинистого грунта..... 38

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Суханов К. О., Кашников С. В., Гримитлин А. М., Палей Е. Л. Унификация проектных решений узлов крышных котельных в формате цифровой библиотеки 45

Бодров М. В., Морозов М. С., Смыков А. А. Обоснование энергоэффективности активных систем обеспечения параметров микроклимата в производственных помещениях 53

Бодров М. В., Руин А. Е., Юланова А. Ф. Эффективность архитектурных и инженерных решений по управлению параметрами микроклимата животноводческих помещений 61

Рымаров А. Г., Титков Д. Г. Аспекты температурного режима наружного воздуха в период между теплым и переходным периодами года 68

Гвоздков А. Н. К вопросу реализации процессов тепло-и влагообмена в системе «воздух – LiCL»... 75

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Самодолова О. А., Ульрих Д. В., Лонзингер Т. М., Головина С. Г. Использование отходов водоподготовки в очистке поверхностных сточных вод с селитебных территорий..... 82

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Бессонов И. В., Жуков А. Д., Горбунова Э. А., Говряков И. С., Гудков П. К., Богомоллова Л. К. Прогнозирование водостойкости высокопористого материала на основе жидкого стекла..... 90

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Февралев А. В. Использование фрактальности для картографического определения длин рек..... 100

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Кривенцев А. С., Мотылев Р. В. Оценка технико-экономической эффективности комбинирования технологии зимнего бетонирования плиты перекрытия методом греющих проводов совместно с химическими добавками 103

Кондрашкин О. Б., Войтович В. А., Гаврикова Т. А., Гулин И. А. Совершенствования технологии малоэтажного строительства с применением глиногипсового бетона в современных конструктивных решениях зданий..... 113

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Бакушев С. В. Дифференциальные уравнения равновесия идеально упругопластической сплошной среды для осесимметричного деформирования при аппроксимации диаграмм объемного и сдвигового деформирования квадратичными функциями. Часть 1..... 121



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

Снитко А. В., Лифатов В. С. Архитектура жилого комплекса производственного объединения «Ивтекстиль» в г. Иваново: проект и реализация.....	132
Сапрыкина Н. С. Типы и особенности малоэтажной жилой застройки послевоенного десятилетия в городах СССР	142
Романова А. А., Шумилкина Т. В. Событийная реставрация на примере преобразований Нижнего Новгорода к 800-летию города.....	151
Дуцев М. В., Курбатов А. А. К новым онтологиям в архитектуре. Часть 1. Эволюция онтологических схем.....	156
Кооп В. А., Зайцев А. А. Ансамблевый подход на примере разновременной архитектуры в исторической среде г. Владимира.....	163
Гладышева М. В. «Имитационное пространство» как постфестивальное пространство современного города.....	168
Дедов В. А., Кокорина Е. В. Архитектура через призму социально-антропологической семиотики коммуникаций: генезис усложнения представлений.....	174
Шумилкин А. С., Грачева Е. Е. Летняя дача Н. А. Бугрова на сейме: проектно-реставрационные подходы и решения.....	183
Тарасова Ю. И. Мировые концепции и опыт реализации инновационных подходов в жилищной архитектуре XXI века.....	189
Хмелевская Д. Д. Проблема полисемантической термина «воссоздание» в реставрационной теории и практике.....	196

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СОРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Агеева Е. Ю., Каракова Т. В. Современные архитектурные тренды жилых комплексов.....	204
Бабарыкина Д. В. Актуальные подходы к пониманию общественных пространств: понятия, процессы, классификации.....	216
Болгов М. Ю. «Зеленая» архитектура на примере учебно-образовательных учреждений за рубежом.....	224
Разумов А. В. Актуальность разработки архитектурно-планировочных приемов реорганизации крупных спортивных сооружений.....	230

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Орлова Л. Н. Структура годовых полей облучения территории застройки	236
---	-----

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА. ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

Лахов К. А., Лахов А. Я. Проектирование одноконтурных геодезических оболочек с использованием универсального 3D-формата.....	241
Пелих Е. А., Куприков М. Ю. Стандартизация цифровых моделей в эксплуатационной документации.....	250

ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

Новые издания.....	256
Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал».....	257

НА ОБЛОЖКЕ: Озеро Малый Вудъявр вблизи г. Кировск, Мурманская область.
Автор фото Канаева А. Д.



CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

- Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L.** The method of calculating non-normalized pulse noise indicators used in assessing the noise regime in industrial buildings..... 9
- Pronin V. V.** Analysis and optimization of flange connections of stretched elements of equilateral angle bars..... 20
- Sharynin B. E.** Numerical simulation of moisture distribution in joints of wooden structures on nail plates..... 30
- Grigorev Yu. S., Fateev V. V.** Experimental studies of the operation of horizontally loaded models of pile-ground diaphragms in an array of clay soil..... 38

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

- Sukhanov K. O., Kashnikov S. V., Grititlin A. M., Paley E. L.** Unification of design solutions for roof boiler house units in digital library format..... 45
- Bodrov M. V., Morozov M. S., Smykov A. A.** Justification of energy efficiency of active systems for providing microclimate parameters in production premises..... 53
- Bodrov M. V., Ruin A. E., Yulanova A. F.** The effectiveness of architectural and engineering solutions for microclimate parameter management of livestock premises..... 61
- Rymarov A. G., Titkov D. G.** Aspects of the outdoor air temperature regime in the period between the warm and transitional periods of the year..... 68
- Gvozdkov A. N.** On the issue of process implementation of heat and moisture exchange in the "Air – LiCl" system..... 75

WATER SUPPLY, SEWAGE, CONSTRUCTION SYSTEMS OF WATER RESOURCES PROTECTION

- Samodolova O. A., Ulrikh D. V., Lonzingier T. M., Golovina S. G.** The use of water treatment waste in the treatment of surface wastewater from residential areas 82

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

- Bessonov I. V., Zhukov A. D., Gorbunova E. A., Govryakov I. S., Gudkov P. K., Bogomolova L. K.** Prediction of water resistance of a highly porous material based on liquid glass..... 90

HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

- Fevrallyov A. V.** Using fractality for cartographic determination of river lengths 100

TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

- Kriventsev A. S., Motilyov R. V.** Assessment of the technical and economic efficiency of combining the technology of winter concreting of the floor slab by the method of heating wires together with chemical additives..... 103
- Kondrashkin O. B., Voytovich V. A., Gavrikova T. A., Gulin I. A.** Improving the technology of low-rise construction using clay gypsum concrete in modern structural solutions of buildings..... 113

STRUCTURAL MECHANICS

- Bakushev S. V.** Differential equations of equilibrium of ideally elastoplastic continuous medium for axially symmetric deformation at approximation of volume and shear deformation diagrams with quadratic functions. Part 1..... 121



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

Snitko A. V., Lifatov V. S. Architecture of the residential complex of the production association "Ivtextile" in the city of Ivanovo: project and implementation.....	132
Saprykina N. S. Types and characteristics of low-rise housing in Soviet cities in the post-war decade...	142
Romanova A. A., Shumilkina T. V. Event restoration by the example of Nizhny Novgorod transformations to the 800 th anniversary of the city.....	151
Dutsev M. V., Kurbatov A. A. Towards new ontologies in architecture. Part 1. The evolution of ontological schemes.....	156
Koop V. A., Zaytsev A. A. Ensemble approach by the example of different architecture in the historical environment of Vladimir.....	163
Gladysheva M. V. «Imitation space» as a post-festival space of a modern city.....	168
Dedov V. A., Kokorina E. V. Architecture through the prism of social communication: genesis of representations.	174
Shumilkin A. S., Grachyova E. E. N. A. Bugrov's summer cottage on the Seyma: design and restoration approaches and solutions.....	183
Tarasova Yu. I. World concepts and experience in implementing innovative approaches in residential architecture of the XXI century.....	189
Khmelevskaya D. D. The problem of polysemnity of the term "recreation" in the restoration theory and practice.....	196

ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

Ageeva E. Yu., Karakova T. V. Modern architectural trends of residential complexes.....	204
Babarykina D. V. Current approaches to understanding public spaces: concepts, processes, classifications.....	216
Bolgov M. Yu. "Green" architecture by the example of educational institutions abroad.....	224
Razumov A. V. The relevance of the development of architectural and planning techniques for the reorganization of large sports facilities.....	230

TOWN-PLANNING, PLANNING RURAL BUILT-UP AREAS

Orlova L. N. Structure of annual irradiation fields of the built-up area.....	236
--	-----

ENGINEERING GEOMETRY AND COMPUTER GRAPHICS. DIGITAL PRODUCT LIFECYCLE SUPPORT

Lakhov K. A., Lakhov Ya. Designing single-contour geodesic shells using a universal 3D-format.....	241
Pelikh E. A., Kuprikov M. Yu. Standardization of digital models in operational documentation.....	250

INFORMATION SECTION

New publications.....	256
List of requirements for publication in the scientific periodical "The Privolzhsky scientific journal".....	257

COVER PAGE: Lake Maly Vudyavr near Kirovsk, Murmansk region. Photo by Kanayeva A. D.

УДК 534.21:628.517.2

А. И. АНТОНОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектуры и градостроительства¹; В. И. ЛЕДЕНЕВ, д-р техн. наук, проф. кафедры городского строительства и автомобильных дорог¹, вед. науч. сотр.²; И. В. МАТВЕЕВА, канд. техн. наук, доц. кафедры городского строительства и автомобильных дорог¹; И. Л. ШУБИН, член-корр. РААСН, д-р техн. наук, дир. института²

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕНОРМИРУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ ШУМОВОГО РЕЖИМА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Россия, 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112, корп. Е. Тел.: (4752) 63-09-20, (4752) 63-03-72; эл. почта: gsiad_tambov@mail.ru

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН»

Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21. Тел.: (495) 482-40-16

Ключевые слова: импульсный шум, нормирование непостоянного шума, методы расчета шума, проектирование шумозащиты, производственные здания.

Рассматриваются ненормируемые в настоящее время параметры импульсного шума, оказывающие вредное воздействие на организм человека. Показана необходимость их учета при разработке мер шумозащиты в производственных помещениях с импульсными источниками шума. Предложена методика расчета ненормируемых параметров импульсного шума с использованием разработанного авторами статьи комбинированного метода расчета импульсного шума, учитывающего зеркально-диффузный характер отражения звука от ограждений, позволяющего выполнять расчеты в помещениях сложной формы и имеющего меньшую по сравнению с другими методами трудоемкость. Дана экспериментальная оценка точности предложенного метода.

Импульсным считается шум, состоящий из одного или нескольких последовательных сигналов (импульсов) длительностью не более 1 с. Он относится к непостоянным шумам, наиболее негативно воздействующим на организм человека. Многочисленными гигиеническими исследованиями доказано, что организм человека весьма чувствителен к динамическим параметрам импульсного шума, а именно: к длительности импульсов, частоте их следования, к росту импульсного звука над фоновым шумом, к неопределенности появления и следования импульсов [1, 2, 3]. Импульсный шум оказывает влияние на нервную и сердечно-сосудистую системы, органы дыхания, вестибулярный аппарат, слуховую чувствительность [1, 4, 5]. Изменения чувствительности слуха зависят от скорости нарастания и спадания уровней звука импульса от соотношения максимальных и минимальных уровней звука (модуляции уровней) [1, 4]. В целом было доказано, что импульсный шум более агрессивен по своему воздействию на организм человека по сравнению с другими видами шумов.

В настоящее время импульсный шум в России нормируется так же, как и все непостоянные во времени шумы. Для его оценки используется эквивалентный скорректированный по А уровень звука $L_{Aэкв}$, дБ, и максимальный скорректированный по А уровень звука $L_{Aмакс}$, дБ. Считается, что этих показателей достаточно для оценки его соответствия как непостоянного шума нормативным требованиям. Однако, учитывая указанные выше особенности влияния импульсного шума на организм человека, при разработке мероприятий по его снижению путем изменения его динамических и других характеристик необходимы сведения о его ненормируемых в настоящее время параметрах [6]. К ним относятся максимальные и минимальные уровни звука импульсов, их соотношение между собой (модуляция), а также скорость затухания звуковой энергии в промежутках между импульсами.

Снижение вредных воздействий указанных параметров импульсного шума возможно путем применения различных мероприятий, связанных с конструктивными изменениями в источниках импульсного звука, с организационно-технологическими, архитектурно-планировочными и строительно-акустическими мерами, выполняемыми в помещениях с импульсным шумом [7].

За счет конструктивных мер возможны изменения формы и длительности излучения импульсной энергии, частоты следования импульсов, ширины спектра излучения, уровня звуковой мощности импульса. Перечисленные мероприятия в основном направлены на изменения характеристик прямого звука, приходящего непосредственно от источника до рабочего места. В то же время импульсный шумовой режим рабочих мест определяется не только прямым звуком, но и возникающей при этом отраженной составляющей шума. Отраженная звуковая энергия существенным образом влияет на модуляцию уровней и скорость их спада в промежутках между импульсами. Известно, что формирование и распределение отраженной энергии определяется объемно-планировочными параметрами помещений и их акустическими характеристиками [8, 9]. В случае импульсного шума на формирование отраженной составляющей кроме этого оказывают влияние уровни звуковой мощности импульса, его форма и длительность действия, а также периодичность следования импульсов [10].

Величины отраженной энергии в помещении изменяются по мере удаления от источника шума. Это обстоятельство влияет на глубину модуляции импульсов. Например, установлено, что чем дальше расчетная точка находится от источника, тем меньше глубина модуляции [7]. В свою очередь скорость затухания звуковой энергии в расчетной точке определяется происходящими в помещении процессами реверберации [11]. По этим причинам при определении ненормируемых параметров импульсного шума необходимо использовать методы, позволяющие определять его пространственно-временные характеристики [12].

На выбор метода расчета энергетических характеристик импульсного шума существенно влияют акустические характеристики помещения [13]. Среди них важное значение имеет характер отражения звука от ограждений [14]. Нами установлено, что наиболее близкой к реальному характеру отражения звука от ограждений является зеркально-диффузная модель отражения [9]. При таком отражении в помещении образуется переменное во времени звуковое поле, состоящее из поля прямого звука и полей зеркальной и диффузно-рассеянной



составляющих отраженного звука. В этом случае расчет уровней звукового давления в i -ой расчетной точке помещения в любой момент времени τ производится по формуле

$$L_{\tau i} = 10 \lg \left[\frac{(\varepsilon_{\tau i}^{\text{пр}} + \varepsilon_{\tau i}^3 + \varepsilon_{\tau i}^{\text{д}})c}{I_0} \right], \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\tau i}^{\text{пр}}, \varepsilon_{\tau i}^3, \varepsilon_{\tau i}^{\text{д}}$ – плотности прямой звуковой энергии, зеркальной и диффузно-рассеянной составляющих отраженной звуковой энергии в i -ой расчетной точке объема помещения в момент времени τ ; I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости; c – скорость звука в воздухе.

Анализ возможных методов расчета энергетических параметров постоянного шума в помещениях с зеркально-диффузным отражением звука от ограждений показывает возможность использования для оценки динамических характеристик импульсного шума комбинированных методов расчета, основанных на использовании для расчета прямого звука и зеркально отраженной составляющей звука – метода прослеживания лучей, а для диффузно-рассеянного звука – методов, основанных на интегральном уравнении Куттруса или на численном статистическом энергетическом методе [9]. Установлено, что наиболее приемлемой для решения практических задач по определению динамических характеристик импульсного шума является комбинированная расчетная модель, основанная на методе прослеживания лучей и численном статистическом энергетическом методе [9]. Модель обеспечивает быстрое действие расчетов и несмотря на некоторые упрощения дает приемлемую точность определения ненормируемых параметров импульсного шума.

Методика расчета импульсного шума в этом случае заключается в следующем.

Весь объем помещения разделяется на элементарные объемы, в пределах которых характер изменения диффузно-рассеянной составляющей отраженного шума может быть принят линейным. Такое разделение необходимо в связи с тем, что для расчета диффузно-рассеянной составляющей шума используется численный статистический энергетический метод. В этом случае все ограждающие поверхности помещения также делятся на элементарные площадки ds . Принимается, что в пределах каждой такой площадки зеркальная и диффузно-рассеянная энергии остаются постоянными по всей площади ds .

Согласно методике, приведенной в [9], в зависимости от формы и размеров помещения выбираются коэффициенты рассеяния падающей на ограждения зеркальной энергии β , а также принимаются коэффициенты звукопоглощения α площадок ds .

Устанавливаются координаты источника импульсного звука и его характеристики, необходимые для расчета, а именно, звуковая мощность импульса, форма импульса, длительность и периодичность импульса.

Производится расчет плотности прямой энергии импульса в i -ой расчетной точке помещения от всех k -х лучей, приходящих в расчетную точку в момент наблюдения τ . Плотность прямой энергии определяется методом прослеживания лучей по выражению

$$\varepsilon_{\tau i}^{\text{пр}} = \frac{\sum_{k=1}^{K_{\text{пр}}} W_{(\tau-r_{ki}/c)} \exp(-m_{\text{в}} r_{ki})}{cNS_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где r_{ki} – расстояние, пройденное k -м прямым лучом от источника до i -ой расчетной точки; $W_{(\tau-r_{ki}/c)}$ – акустическая мощность импульсного источника звука в момент времени наблюдения τ для i -ой расчетной точки с учетом времени запаздывания прихода звуковой энергии в нее; r_{ki}/c – время запаздывания прихода k -го луча в i -ю расчетную точку относительно времени его излучения; N – количество лучей, исходящих из импульсного источника звука; $m_{\text{в}}$ – постоянная затухания звука в воздухе; $K_{\text{пр}}$ – количество прямых лучей, пришедших в i -ю расчетную точку в момент времени наблюдения τ ; $S_{\text{пр}}$ – площадь поперечного сечения приемника звуковой энергии, который принимается в виде сферы с центром в расчетной точке. За площадь $S_{\text{пр}}$ в данном случае принимается площадь поперечного сечения сферы, равной объему элемента.

Методом прослеживания лучей производится расчет плотности зеркальной составляющей отраженной энергии $\varepsilon_{\tau i}^3$, приносимой в i -ю расчетную точку k -ми отраженными лучами в момент наблюдения τ . Величина плотности определяется по выражению

$$\varepsilon_{\tau i}^3 = \frac{\sum_{k=1}^{K_3} W_{(\tau-r_{ki}/c)} \exp(-m_{\text{г}} r_{ki}) \prod_{p=1}^P [(1-\alpha_p)(1-\beta_p)]^{D_p}}{cNS_{\text{пр}}}, \quad (3)$$

где r_{ki} , $W_{(\tau-r_{ki}/c)}$, r_{ki}/c – то же, что и в формуле (2); K_3 – количество зеркальных лучей, пришедших в i -ю расчетную точку в момент времени наблюдения τ с учетом их возможного повторного прохождения через расчетную точку; D_p – количество актов падения луча на p -ю поверхность в процессе его распространения на расстояние r_{ki} до i -ой расчетной точки; P – общее количество поверхностей с разными коэффициентами звукопоглощения, от которых отражается k -й луч на своем пути; α_p – коэффициент звукопоглощения p -й поверхности ограждения, на которую падал прослеживаемый луч; β_p – коэффициент рассеяния энергии зеркального после его отражения от поверхности ограждений. Так как коэффициент β практически невозможно определить для каждой отдельной поверхности, при расчетах его следует принимать одинаковым для всех поверхностей помещений [9].

Производится расчет плотности диффузно-рассеянной энергии $\varepsilon_{\tau i}^{\text{д}}$. Для ее расчета предлагается использовать следующий подход. Распределение плотности диффузно-рассеянной отраженной энергии определяется численным статистическим энергетическим методом, а ее временные изменения в расчетных точках оцениваются с использованием зависимостей Сэбина и Эйринга, имеющих, соответственно, вид

$$\varepsilon_{\tau} = \varepsilon_{0(t)} \exp(-c\bar{\alpha}t/\bar{l}), \quad (4)$$

$$\varepsilon_{\tau} = \varepsilon_{0(t)} c \ln((1-\bar{\alpha})/\bar{l}), \quad (5)$$



где $\varepsilon_{0(i)}$ – плотность звуковой энергии в расчетной точке в момент отключения источника с переменной мощностью W_i ; $\bar{\alpha}$ – средний коэффициент звукопоглощения в помещении; \bar{l} – средняя длина свободного пробега звуковых лучей в условиях диффузного поля.

Численный статистический энергетический метод позволяет определять величины звуковой энергии в условиях квазидиффузного звукового поля, в котором при наличии спадов диффузно отраженной энергии сохраняется признак диффузности по изотропности прихода диффузно рассеянных звуковых лучей в расчетную точку [8, 9]. Практика применения уравнений Сэбина или Эйринга для анализа времени реверберации и определения звукопоглощающих характеристик реальных помещений различных пропорций позволяет использовать их и для расчета временных изменений энергии импульсного шума [15].

Расчет энергетических характеристик диффузно-рассеянной составляющей импульсного шума производится с использованием импульсной характеристики помещения [16, 17, 18]. В этом случае изменение плотности диффузно-рассеянной звуковой энергии в i -ой расчетной точке в момент времени τ оценивается по выражению

$$\varepsilon_{\tau i}^{\Delta} = \int_{t_n}^{t_k} W_{(t)} f_{(T)} \Delta t, \quad (6)$$

где t_n , t_k – время начала и окончания действия источника; $f_{(T)}$ – импульсная характеристика помещения, представляющая собой нормализованное выражение изменения энергии при действии импульса от источника с единичной акустической мощностью.

$$f_{(T)} = \frac{\varepsilon_{им}}{W_{им} \Delta t}, \quad (7)$$

где $T = \tau - t - r/c$ – приведенное время. Величина приведенного времени T зависит от времени наблюдения τ , момента излучения импульса энергии t и времени задержки r/c прихода первых отражений в расчетную точку. С достаточной точностью задержка во времени определяется расстоянием r между источником шума и расчетной точкой. При $T = 0$ в расчетной точке начинается рост отраженной энергии от действия импульса.

Последовательность действий по расчету диффузно-рассеянной энергии импульсного шума в этом случае заключается в следующем. Сначала в расчетных точках помещения рассчитывается плотность звуковой энергии ε_n от постоянного источника шума со звуковой мощностью W_n . Затем составляется выражение для расчета плотности энергии $\varepsilon_{имi}$ от одиночного импульса.

За время Δt энергия в i -ой расчетной точке возрастет до величины

$$\varepsilon_{имi} = \frac{\varepsilon_{ni}}{W_n} \left[1 - \exp \left(\frac{-\bar{\alpha} c \Delta t}{\bar{l}} \right) \right] \approx \frac{\varepsilon_{ni} \bar{\alpha} c}{W_n \bar{l}} \Delta t. \quad (8)$$

Затухание энергии импульса описывается выражением

$$\varepsilon_{имi} = \frac{\varepsilon_{ni}}{W_n} \cdot \frac{\bar{\alpha} c \cdot \Delta t}{\bar{l}} \exp \left(\frac{-\bar{\alpha} c (\tau - t - r/c)}{\bar{l}} \right). \quad (9)$$

Используя формулы (7) и (9), можно записать выражение для импульсной характеристики помещения в i -ой расчетной точке в виде

$$f_{(T)} = \frac{\varepsilon_{ni}}{W_n} \frac{\bar{\alpha}c}{\bar{l}} \exp\left(\frac{-\bar{\alpha}c \cdot T}{\bar{l}}\right) \quad (10)$$

и, соответственно, произвести расчет ε_{ti}^A по формуле (6), решая его численным методом.

Выражения (8) и (10) представлены исходя из зависимости Сэбина. При необходимости можно использовать и зависимость Эйринга, заменив $\bar{\alpha}$ на $\ln(1 - \bar{\alpha})$.

Расчет плотности энергии ε_{ni} производится численным методом, реализующим математическую модель, описывающую распределение плотности диффузной энергии в квазидиффузном звуковом поле в виде уравнения в частных производных второго порядка [8]

$$\eta \nabla^2 \varepsilon_{ni}^A - c m_g \varepsilon_{ni}^A = 0 \quad (11)$$

с граничными условиями, определяющими плотности потоков \bar{q} на площадках ds

$$\bar{q}|_{ds} = \beta(1 - \alpha_{ds})I|_{ds} - \frac{c \cdot \alpha_{ds}}{2(2 - \alpha_{ds})} \varepsilon_{ni}^A \Big|_{ds}, \quad (12)$$

где $\eta = 0.5cl_{cp}$ – коэффициент связи плотности потока и градиента плотности диффузно рассеянной отраженной энергии [19]; β – коэффициент рассеяния зеркальных лучей, падающих на ограждения помещения; α_{ds} – коэффициент звукопоглощения площадки ограждения ds ; I – интенсивность прямой и отраженной зеркальной звуковой энергии, приходящей на площадку ds с учетом угла падения на нее звуковых лучей, определяемая по формуле

$$I = \frac{W_n}{ds \cdot N} \left\{ \sum_{k=1}^{K_{np}} \exp(-m_b r_{K_{np}}) \cos \theta_{np} + \sum_{k=1}^{K_3} \exp(-m_b r_{K_3}) \cos \theta_3 \prod_{p=1}^P [(1 - \alpha_p)(1 - \beta)]^{D_p} \right\}, \quad (13)$$

где K_{np} и K_3 – количество прямых и зеркальных лучей, пришедших на площадку ds ; θ_{np} и θ_3 – углы падения прямых и отраженных зеркальных лучей на площадку ds ; r_{K_3} и $r_{K_{np}}$ – расстояния, прошедшие k -ми прямыми и зеркальными лучами до площадки ds .

Первый член правой части граничных условий (12) определяет ввод диффузно-рассеянной энергии в объем помещения с поверхности элемента ds после падения на него прямого звука и зеркальной составляющей. Второй член определяет интенсивность поглощения диффузно рассеянной энергии, падающей на элемент ds из помещения.

В случае численного решения уравнения (11) с граничными условиями (12) для каждого элементарного объема, на которые разбит весь объем помещения, составляется уравнение баланса диффузно-рассеянной звуковой энергии в единицу времени. Общее распределение плотности диффузно-рассеянной энергии ε_n по объему помещения находится из решения полученной системы алгебраических уравнений. Данная методика подробно рассмотрена в монографии [9].

После определения по формуле (6) величины ε_{ti}^A производится окончательный расчет уровней звукового давления L_{ti} по формуле (1).

Предложенный метод расчета дает возможность рассчитывать плотности звуковой энергии в расчетных точках пространства помещений при различных временных параметрах акустической мощности $W_{(t)}$ импульсных источников шума, а также исследовать процессы нарастания и затухания импульсной энергии

**К СТАТЬЕ А. И. АНТОНОВА, В. И. ЛЕДЕНЕВА, И. В. МАТВЕЕВОЙ,
И. Л. ШУБИНА «МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕНОРМИРУЕМЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ
ОЦЕНКЕ ШУМОВОГО РЕЖИМА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ»**

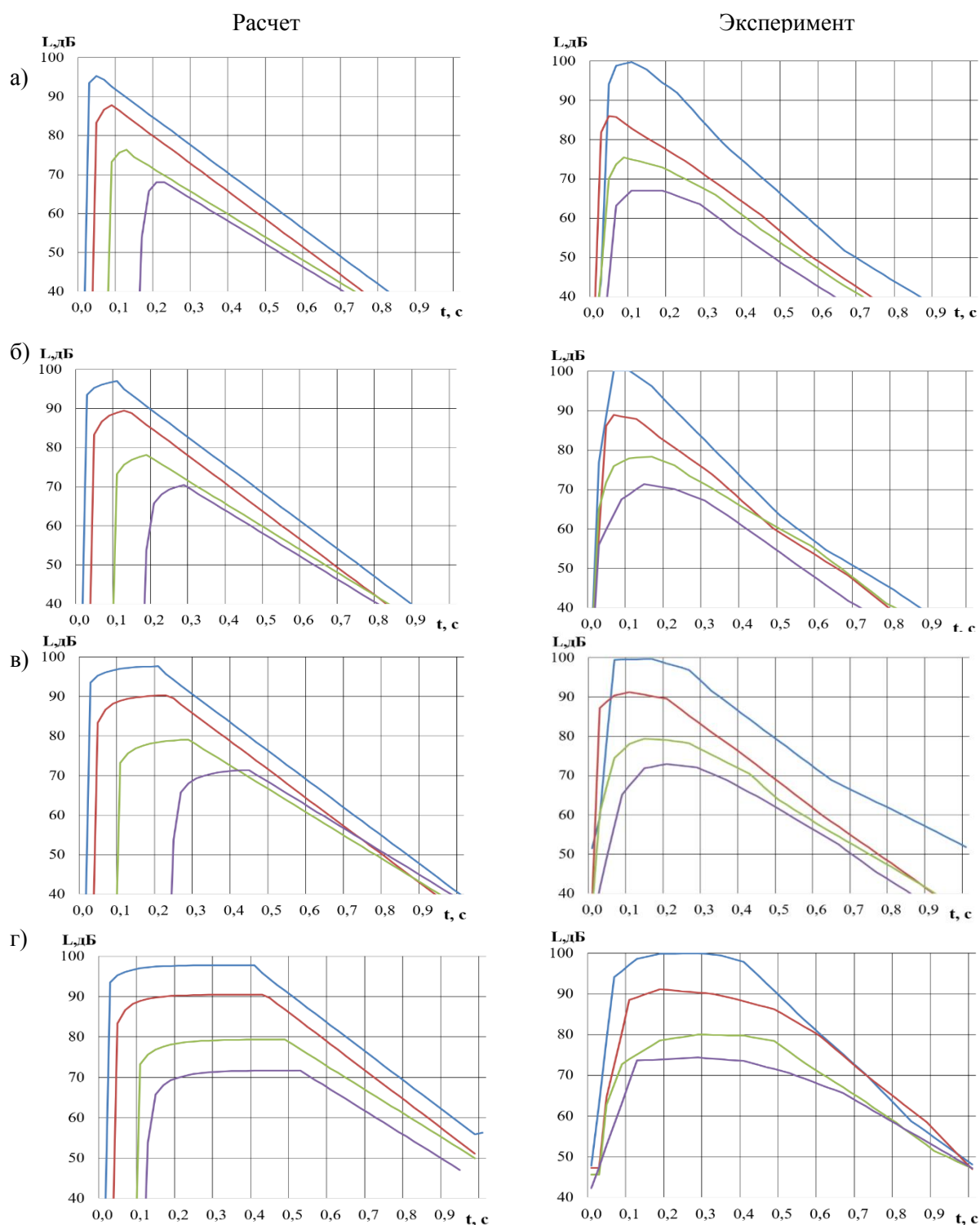


Рис. 1 - Графики изменения уровней в точках — T1 , — T2 , — T3 , — T4 при длительности импульса: а) – 0.05с; б) – 0.1с; в) – 0.2с; г) – 0.4 с

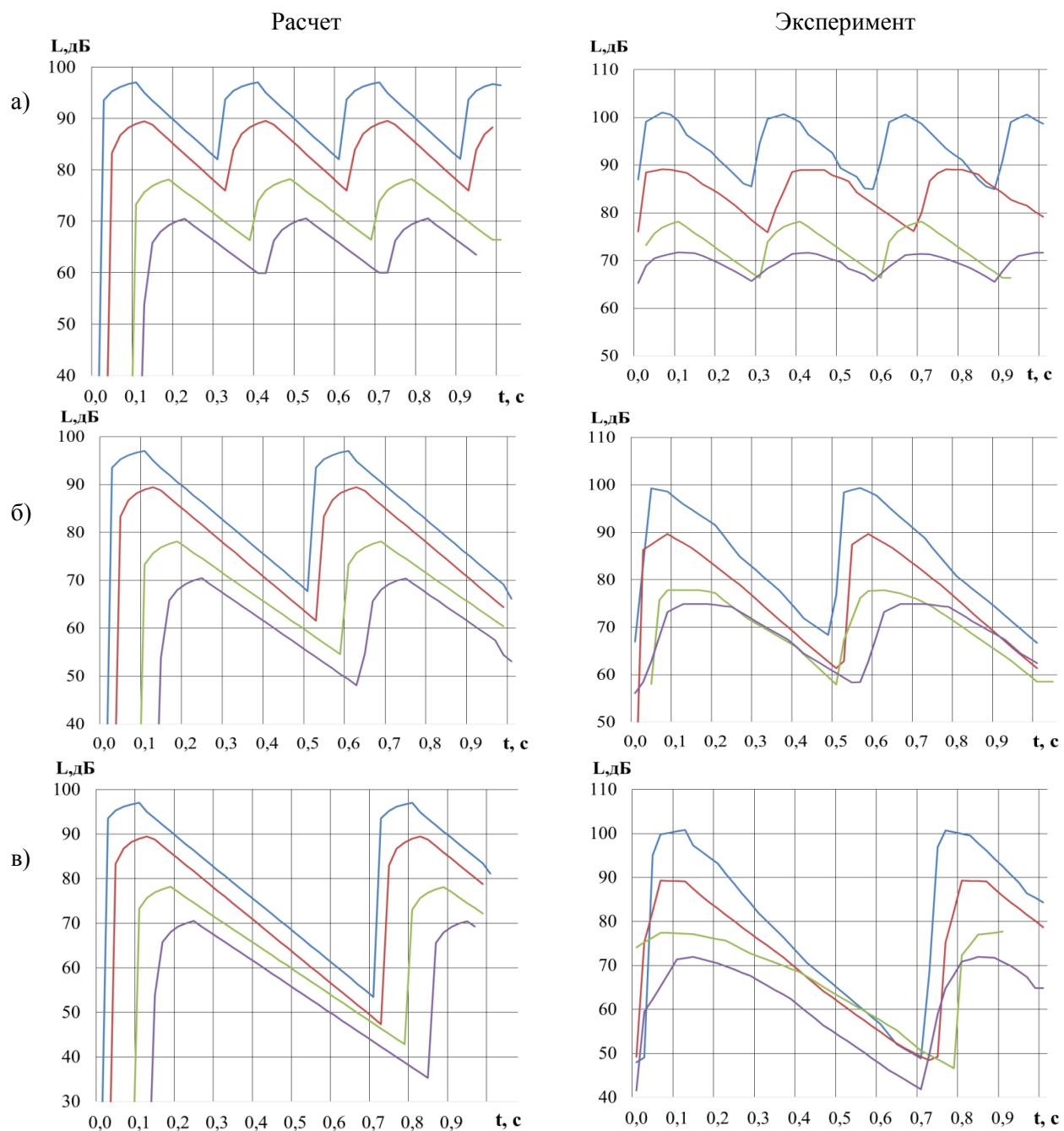


Рис. 2 Графики изменения уровней в точках — T1 , — T2 , — T3 , — T4 при длительности импульса 0.10 с и при периодичности действия источника: а) — 0.3с; б) — 0.5с; в) — 0.7с

как при кратковременном, так и при длительном периодическом действии импульсного источника.

Предварительно выполненное сравнение расчетов данным методом с расчетными методами, в которых диффузно-рассеянная составляющая отраженного шума определяется точным методом на основе интегрального уравнения Куттруфа, показало удовлетворительную для практических расчетов сходимость результатов.

Для оценки точности метода был также выполнен сравнительный анализ расчетов с результатами экспериментальных исследований в помещениях с различными пропорциями и формами. Ниже в качестве примера приведены результаты сравнительного анализа расчетов, выполненных предлагаемым методом, с данными экспериментальных исследований в помещении со сложной формой плана.

Схема помещения и расположение в нем точек расчета и источника шума приведены на рис. 1.

В целом помещение представляет собой систему связанных большими открытыми проемами объемов.

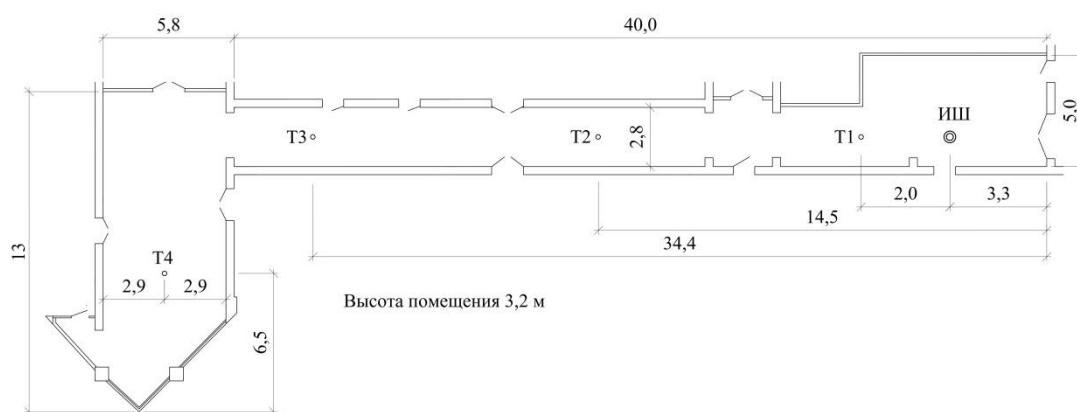


Рис. 1. Схема помещения с указанием положения расчетных точек (Т1 – Т4) и положения источника шума (ИШ1). Размеры даны в метрах

Как видно из схемы, большая часть помещения относится по пропорциям к длинным помещениям коридорного типа. Другие торцевые участки помещения по пропорциям относятся к соразмерным помещениям. Все ограждения помещения имеют следующую отделку: полы выполнены из керамической плитки; стены окрашены акриловой краской, при этом на стенах имеется большое количество остекленных информационных поверхностей; потолки устроены со звукопоглощающим покрытием.

Расчеты шума и экспериментальные исследования выполнены в октавных полосах во всем нормируемом диапазоне частот. Ниже даны результаты сравнительного анализа для октавной полосы частот со среднегеометрической частотой $f_{cp} = 1000$ Гц. В данной полосе частот средний коэффициент звукопоглощения помещения равен $\bar{\alpha} = 0,16$. Характер отражения звука – зеркально-диффузный. Коэффициент рассеяния зеркальной звуковой энергии, определенный в соответствии с методикой, приведенной в [9], составляет $\beta = 0,60$. Звуковая мощность импульсного источника равна 108 дБ.

Эксперименты и расчеты выполнялись при изменениях длительности импульсов и при изменениях периодичности действия источника. Результаты сравнения приведены на рис. 1 и 2 цв. вклейки.



Как видно, результаты расчетов и экспериментов согласуются между собой. Это обстоятельство свидетельствует о пригодности предложенного комбинированного метода для оценки ненормируемых параметров импульсного шума и для прогнозирования их изменений при выборе различных мер снижения импульсного шума.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Суворов, Г. А. Импульсный шум и его влияние на организм человека / Г. А. Суворов, А. М. Лихницкий. – Ленинград : Медицина, 1975. – 207 с.
2. Хаймович, М. Л. О влиянии импульсного шума на организм работающих / М. Л. Хаймович // Действие шума и вибрации на организм : тезисы докладов III Всесоюзная конференция по борьбе с шумом и вибрацией. – Челябинск, 1980. – С. 35–37.
3. Суворов, Г. А. Роль информационной неопределенности нестационарного шума в процессе его действия на организм человека / Г. А. Суворов, А. М. Лихницкий // Новые системы исследований шумов и вибраций и кибернетическая диагностика машин и механизмов : материалы Всесоюзного симпозиума / Каунасский политехнический институт. – Каунас, 1970. – С. 77–79.
4. Симухин, В. В. Медико-биологические эффекты импульсных шумов и особенности их гигиенического нормирования / В. В. Симухин, А. А. Ворона, А. В. Богомолов [и др.] // Безопасность в техносфере. – 2012. – Том 1, № 6. – С. 36–43.
5. Гершуни, Г. В. Оценка функционального значения электрических ответов слуховой системы (ответы на экспоненциально возрастающие широкополосные шумы и тоны) / Г. В. Гершуни, Н. В. Забоева // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. – Москва, Ленинград : Академия наук, 1962. – Том 48, № 10. – С. 1178–1186.
6. Рысин, Ю. С. О влиянии ненормированных параметров акустических сигналов и шумов на человека / Ю. С. Рысин // Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Том 9, № 5. – С. 54–56.
7. Расчеты импульсного шума при проектировании средств его снижения в производственных зданиях / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин // Строительство и реконструкция. – 2019. – № 3 (83). – С. 22–23.
8. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных зданиях / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва-Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 274 с.
9. Расчеты шума в гражданских и промышленных зданиях при зеркально-диффузном отражении звука от ограждений / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва : Директмедиа Пабблишинг, 2022. – 192 с. – ISBN 978-5-4499-2953-2.
10. Исследование влияния характеристик источников импульсного шума на распределение звуковой энергии в помещениях / В. И. Леденев, О. А. Жоголева, М. А. Пороженко, В. А. Аистов // Устойчивое развитие региона : архитектура, строительство и транспорт : материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Тамбов : Чеснокова А. В., 2021. – С. 216–218.
11. Моделирование реверберационных процессов в производственных помещениях с импульсными источниками звука / А. И. Антонов, О. А. Жоголева, В. И. Леденев, И. В. Матвеева // Приволжский научный журнал / Нижегородский архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 3(63). – С. 9–17.
12. Антонов, А. И. Методы оценки пространственно-временных изменений импульсного шума при проектировании шумозащиты в производственных зданиях / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, Е. О. Соломатин // Приволжский научный



журнал / Нижегородский архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, – 2021. – № 4 (60). – С. 9–16.

13. Антонов, А. И. Условия, определяющие процессы формирования шумового режима в замкнутых объемах, и их учет при оценке распределения звуковой энергии в помещениях / А. И. Антонов, А. В. Бацунова, И. Л. Шубин // Приволжский научный журнал / Нижегородский архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, – 2015. – № 3 (35). – С. 89–96.

14. Влияние характера отражения звука от ограждений на выбор метода расчета воздушного шума в гражданских и промышленных зданиях / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, О. О. Федорова // Приволжский научный журнал / Нижегородский архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2017. – № 2 (42). – С. 16–23.

15. Скучик, Е. Основы акустики / Е. Скучик. – Москва : Издательство иностранной литературы, 1958. – Том 2. – 55 с.

16. Расчет непостоянного шума с использованием функции отклика помещения, определяемой по экспериментальным данным / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, М. А. Пороженко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – Том 23, № 6. – С. 117–128. – DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-6-117-128.

17. Non-constant noise calculation using the room response function / A. Antonov, V. Ledenev, N. Merkusheva [et al.] // Advances in Noise and Vibration Control Technology : proceedings of 2020 International congress on noise control engineering, INTER-NOISE 2020 : 49, Seoul, 23–26 августа 2020 года. – Seoul, 2020.

18. Оценка энергетических параметров речи на основе импульсной характеристики помещения / И. Л. Шубин, А. И. Антонов, И. В. Матвеева, Т. С. Яровая // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – № 1. – С. 108–114. – DOI 10.22337/2077-9038-2023-1-108-114.

19. Coupling Coefficient of Flux Density and Density Gradient of Reflected Sound Energy in Quasi-Diffuse Sound Fields / A. I. Antonov, V. I. Ledenev, T. O. Nevenchannaya [et al.] // Journal of Theoretical and Computational Acoustics. – 2019. – Vol. 27, No. 2. – P. 1850053. – DOI 10.1142/S2591728518500536.

ANTONOV Aleksandr Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of architecture and town planning¹; LEDENEV Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of urban development and roads¹; leading researcher²; MATVEEVA Irina Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of urban development and roads¹; SHUBIN Igor Lyubimovich, corresponding member of the RAACS, doctor of technical sciences, director of the institute²

THE METHOD OF CALCULATING NON-NORMALIZED PULSE NOISE INDICATORS USED IN ASSESSING THE NOISE REGIME IN INDUSTRIAL BUILDINGS

¹Tambov State Technical University

112-E, Michurinskaya St., Tambov, 392032, Russia. Tel.: +7 (4752) 63-09-20, +7 (4752) 63-03-72; e-mail: gsiad@mail.tambov.ru

²Research Institute of Building Physics of RAACS,

21, Lokomotivny Dr., Moscow, 127238, Russia. Tel.: +7 (495) 482-40-16

Key words: pulse noise, normalization of non-constant noise, noise calculation methods, noise protection design, industrial buildings.

The article considers parameters of pulse noise that are currently not normalized and have a harmful effect on the human body. The necessity of taking them into account when developing noise protection measures in industrial premises with pulsed noise sources is shown. A method for calculating the non-normalized pulse noise parameters is proposed using the combined pulse noise calculation method developed by the authors of the article, which takes into account the mirror-diffuse nature of sound reflection from fences, which allows calculations to be performed in complex-shaped spaces and has a lower labor intensity compared to other methods. An experimental assessment of the accuracy of the proposed method is given.

REFERENCES

1. Suvorov G. A., Likhmitskiy A. M. Impulsny shum i ego vliyanie na organizm cheloveka [Pulse noise and its effect on the human body] / Leningrad : Meditsina, 1975. – 207 p.
2. Khaymovich M. L. O vliyanii impulsnogo shuma na organizm rabotayushchikh [On the effect of pulse noise on the body of workers] // Deystvie shuma i vibratsii na organizm [The effect of noise and vibration on the body] : tezisy dokladov III Vsesoyuznaya konferentsiya po borbe s shumom i vibratsiyey. Chelyabinsk, 1980. P. 35–37.
3. Suvorov G. A., Likhmitskiy A. M. Rol informatsionnoy neopredelyonnosti nestatsionarnogo shuma v protsesse ego deystviya na organizm cheloveka [The role of information uncertainty of non-stationary noise in the process of its effect on the human body] // Novye sistemy issledovaniy шумов i vibratsiy i kiberneticheskaya diagnostika mashin i mekhanizmov: materialy Vsesoyuznogo simpoziuma. Kaunasskiy politekhnich. in-t. Kaunas. 1970. P. 77–79.
4. Simukhin V. V., Vorona A. A., Bogomolov A. V. [et al.] Mediko-biologicheskie efekty impulsnykh шумов i osobennosti ikh gigienicheskogo normirovaniya [Biomedical effects of pulse noises and features of their hygienic regulation] / Bezopasnost v tekhnosfere [Safety in Technosphere]. 2012. Vol. 1. № 6. P. 36–43.
5. Gershuni G. V., Zaboieva N. V. Otsenka funktsionalnogo znacheniya elektricheskikh otvetov slukhovoy sistemy (otvety na eksponentsialno vozrastayushchie shirokopolosnye shumy i tony) [Assessment of the functional significance of the electrical responses of the auditory system (responses to exponentially increasing broadband noises and tones)] / Fiziol. zhurn. SSSR im. I. M. Sechenova [USSR Journal of Physiology named after I. M. Sechenov]. Moscow, Leningrad : Akademiya nauk, 1962. Vol. 48. № 10. P. 1178–1186.
6. Rysin Yu. S. O vliyanii nenormirovannykh parametrov akusticheskikh signalov i шумов na cheloveka [On the effect of abnormal parameters of acoustic signals and noises on humans] // T-Comm: Telekommunikatsii i transport [T-Comm: Telecommunications and transport]. 2015. Vol. 9. № 5. P. 54–56.
7. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty impulsnogo shuma pri proektirovanii sredstv ego snizheniya v proizvodstvennykh zdaniyakh [Calculations of pulse noise in the design of means of reducing it in industrial buildings] / Stroitelstvo i rekonstruktsiya [Construction and reconstruction]. 2019. № 3 (83). P. 22–23.
8. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty shuma pri proektirovanii шумозащиты v proizvodstvennykh zdaniyakh [Noise calculations in the design of noise protection in industrial buildings] / Moscow-Berlin : Direkt-Media, 2020. – 274 p.
9. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty shuma v grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniyakh pri zerkalno-diffuznom otrazhenii zvuka ot ograzhdeniy [Noise calculations in civil and industrial buildings with mirror-diffuse reflection of sound from fences]. – Moscow : Direktmedia Publishing, 2022. – 192 p.
10. Ledenev V. I., Zhogoleva O. A., Porozhenko M. A., Aistov V. A. Issledovanie vliyaniya kharakteristik istochnikov impulsnogo shuma na raspredelenie zvukovoy energii v



pomeshcheniyakh [Investigation of the influence of characteristics of pulse noise sources on the distribution of sound energy in rooms] / *Ustoychivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitelstvo i transport* [Sustainable development of the region: architecture, construction and transport] : Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tambov: Chesnokova A. V., 2021. P. 216–218.

11. Antonov A. I., Zhogoleva O. A., Ledenev V. I., Matveeva I. V. Modelirovanie reverberatsionnykh protsessov v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh s impulsnymi istochnikami zvuka [Modeling reverberation processes in industrial premises with pulsed sound sources] / *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. № 3(63). P. 9–17.

12. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Solomatin E. O. Metody otsenki prostranstvenno-vremennykh izmeneniy impulsnogo shuma pri proektirovanii shumozashchity v proizvodstvennykh zdaniyakh [Methods for estimating spatial-temporal changes of pulse noise at designing noise protection of industrial buildings] / *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. № 4(60). P. 9–16.

13. Antonov A. I., Batsunova A. V., Shubin I. L. Usloviya, opredelyayushchie protsessy formirovaniya shumovogo rezhima v zamknutykh ob'yomakh, i ikh uchyot pri otsenke raspredeleniya zvukovoy energii v pomeshcheniyakh [The conditions defining processes of formation of the noise mode in closed spaces and their consideration at the assessment of sound energy distribution in rooms] / *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2015. № 3(35). P. 89–96.

14. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Fyodorova O. O. Vliyaniye kharaktera otrazheniya zvuka ot ograzhdeniy na vybor metoda raschyota vozdušnogo shuma v grazhdanskikh i promyshlennnykh zdaniyakh [Influence of the mode of sound reflection from walls on selection of the method of air noise calculation in civil and industrial buildings] / *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. № 2(42). P. 16–23.

15. Skuchik E. *Osnovy akustiki* [Fundamentals of acoustics]. Moscow: Izd. inostr. liter., 1958. Vol. 2, 55 p.

16. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Porozhenko M. A. Raschyot nepostoyannogo shuma s ispolzovaniem funktsii otklika pomeshcheniya, opredelyaemoy po eksperimentalnym dannym [Calculation of non-constant noise using the room response function determined from experimental data] / *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering]. 2021. Vol. 23, № 6. P. 117–128. DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-6-117-128.

17. Non-constant noise calculation using the room response function / A. Antonov, V. Ledenev, N. Merkusheva [et al.] // *Advances in Noise and Vibration Control Technology : Proceedings of 2020 International Congress on Noise Control Engineering, INTER-NOISE 2020* : 49, Seoul, 23–26 august 2020. – Seoul, 2020.

18. Shubin I. L., Antonov A. I., Matveeva I. V., Yarovaya T. S. Otsenka energeticheskikh parametrov rechi na osnove impulsnoy kharakteristiki pomeshcheniya [Assessment of the energy parameters of speech based on the impulse response of the room] // *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo* [Academia. Architecture and construction]. 2023. № 1. P. 108–114. DOI 10.22337/2077-9038-2023-1-108-114.

19. Coupling Coefficient of Flux Density and Density Gradient of Reflected Sound Energy in Quasi-Diffuse Sound Fields / A. I. Antonov, V. I. Ledenev, T. O. Nevenchannaya [et al.] // *Journal of Theoretical and Computational Acoustics*. 2019. Vol. 27, №. 2. P. 1850053. DOI 10.1142/S2591728518500536.

© А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин, 2024

Получено: 20.03.2024 г.

УДК 624.014:624.042

В. В. ПРОНИН, доц. кафедры строительных конструкций

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТЯНУТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ РАВНОБОКИХ УГОЛКОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-80;
эл. почта: pvv-1947@mail.ru

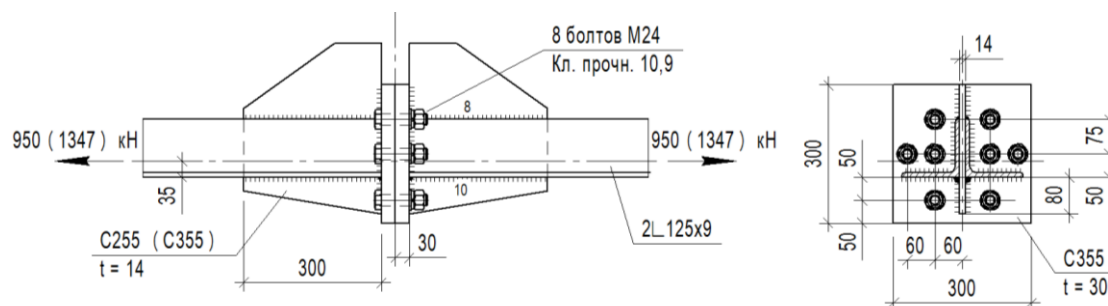
Ключевые слова: фланцевые узлы, расчет узлов, болты с контролируемым натяжением, сварные швы, напряженно-деформированное состояние.

Произведены расчеты типовых фланцевых узлов растянутых элементов из парных уголков. Сравниваются результаты узлов с типовыми и измененными параметрами, полученными с помощью расчетного комплекса IDEAS StatiCa 21.1. Приведена таблица узлов с уменьшенными значениями толщин фланцев и диаметров болтов.

Широкое применение болтов с контролируемым натяжением (ранее называемых высокопрочными) позволяет в качестве монтажных узлов ферм с элементами из парных уголков принимать фланцевые соединения, которые по сравнению с традиционными решениями на накладках легче и проще в использовании.

Типовые решения фланцевых узлов [1, 2] приведены в Рекомендациях [1] и сериях [2, 3]. В этих узлах рекомендуется применять высокопрочные болты диаметром $d = 24$ и 27 мм из стали 40Х «селект». Количество болтов в узле изменяется от 4 до 12 в зависимости от воспринимаемого усилия, а толщина фланцев – от 20 до 40 мм. Фланцы изготавливаются из стали 14Г2АФ-15 (ТУ 14-105-465-82) или 09Г2С-15 (ГОСТ 19282-73). На рисунке показана конструкция одного из узлов (схема 3).

Представляет интерес численное исследование фланцевых узлов с помощью современных расчетных комплексов с целью выявления резервов несущей способности и разработки предложений по уменьшению их металлоемкости и трудоемкости изготовления и монтажа.



Конструкция фланцевого узла по схеме 3



Одним из современных расчетных комплексов является *IDEA StatiCa Connection* [4]. В основе комплекса – компонентный метод конечных элементов (КМКЭ), позволяющий решить следующие задачи:

- создание 3D-модели узла с последующей проверкой корректности назначенных параметров (соотношений толщин, катетов сварных швов, минимальных расстояний между болтами и др.);
- расчет узла с учетом деформативности и физической нелинейности работы всех элементов;
- учет наличия в узле сварных швов, болтов (обычных и с контролируемым натяжением);
- изображение узла в деформированном виде с изополями приведенных напряжений, зонами пластических деформаций и зонами возможного контакта элементов в результате их деформаций;
- определение критических элементов узла с максимальными зонами пластичности;
- расчет предельной несущей способности узла;
- расчет жесткости узла.

В настоящее время *IDEA StatiCa Connection* является единственным в России программным продуктом для автоматизированного расчета узлов КМКЭ. Программа полностью переведена на русский язык, локализована и имеет сертификат соответствия. Благодаря обширной библиотеке встроенных шаблонов, а также интуитивно понятному и профессионально проработанному интерфейсу создание, расчет и проверка узла по нормам занимают всего несколько минут. Наличие прямого взаимодействия с другими CAD- и FEA-программами для проектирования и расчетов, такими как *Tekla*, *Advance Steel*, *Revit*, *SAP2000*, *ETABS*, *Robot* позволяет встроить *IDEA StatiCa* в рабочий BIM-процесс. Программа значительно упрощает работу инженеров-конструкторов, делает ее более эффективной и продуктивной, а также обеспечивает высокое качество и надежность получаемых результатов [5].

В Рекомендациях [1] приведены 6 вариантов узлов с элементами из уголков начиная с 100×7 до 180×12. Эти узлы нагружаются максимальными растягивающими усилиями, возможными для данного сечения исходя из применения стали повышенной прочности (09Г2С-12, 09Г2С-15 по ГОСТ 19282-73, 09Г2С-12-1 по ТУ 14-1-3023-80).

Произведем моделирование и расчет каждого из этих узлов в расчетном комплексе *IDEA StatiCa Connection* в двух вариантах материала для элементов ферм – малоуглеродистая сталь С245 и сталь повышенной прочности С345.

Усилие растяжения определим по несущей способности двух уголков

$$N = 2 A_{y2} R_y \gamma_c,$$

где A_{y2} – площадь сечения одного уголка (ГОСТ 8509-93); R_y – расчетное сопротивление стали по пределу текучести (табл. В.5 [6]); $\gamma_c = 0,9$ – коэффициент условий работы конструкции (табл. 1 [6], п. 5).

Результаты вычислений приведены в табл. 1.

В соответствии с [7] фланцы изготавливаются из сталей С355 и С390 с гарантированными механическими свойствами в направлении толщины проката.



В данном случае применяется сталь С355, примерно соответствующая стали 09Г2С.

Таблица 1

Расчетные усилия в узлах

Номер схемы узла	Сечение	$A_{уз.}(см^2)$	R_y (Н/мм ²)		Усилие N (кН) для стали	
			С245	С345	С245	С345
1, 1-1 ^{х)}	2L 100×7	13,75	240	340	594	842
2, 2-1 ^{х)}	2L 100×8	15,6			674	955
	2L 110×8	17,20			743	1053
3, 3-1 ^{х)}	2L 125×8	19,7			851	1206
	2L 125×9	22,0			950	1346
4, 4-1 ^{х)}	2L 140×9	24,7			1067	1512
	2L 140×10	27,33		320	1181	1673
5, 5-1 ^{х)}	2L 160×10	31,4			1356	1809
	2L 160×11	34,4			1486	1981
	2L 160×12	37,39			1615	2154
6, 6-1 ^{х)}	2L 180×11	38,8			1676	2235
	2L 180×12	42,19			1823	2430

^{х)} сталь С345

Болты из стали 40Х «селект» соответствуют болтам класса прочности 10.9. Менее прочные болты в данном случае применять не рекомендуется [7].

Для ребер жесткости узлов применяется та же сталь, что и для стержней фермы (С245, С345 или С355).

Все расчеты производятся без учетов допускаемых дефектов изготовления и монтажа узлов (отклонение фрезерованной поверхности фланцев от проектной плоскости, смещение фланца от проектного положения, наличие просветов между фланцами). Предельные значения этих дефектов приведены в п. 12.3.14 и 12.3.17 [7].

В каждом из расчетов узлов с рекомендованными в [1] параметрами оценивается напряженно-деформированное состояние всех элементов, включая болты и сварные швы, и делается вывод о возможности оптимизации узла путем уменьшения толщины фланцев, а также диаметра и количества болтов.

В последующих расчетах эти параметры постепенно снижаются до состояния, когда один из элементов узла теряет свою несущую способность. В итоге получаем конструкцию узла с измененными и, как правило, уменьшенными параметрами.

Результаты расчетов приведены в табл. 2, которая состоит из двух частей.

В первой части показаны некоторые результаты расчетов узлов с параметрами, принятыми в Рекомендациях [1]. При этом расчетные усилия даже для элементов из стали С345 несколько меньше принятых в [1]. Объясняется это,

К СТАТЬЕ В. В. ПРОНИНА
«АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ
РАСТЯНУТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ РАВНОБОКИХ УГОЛКОВ»

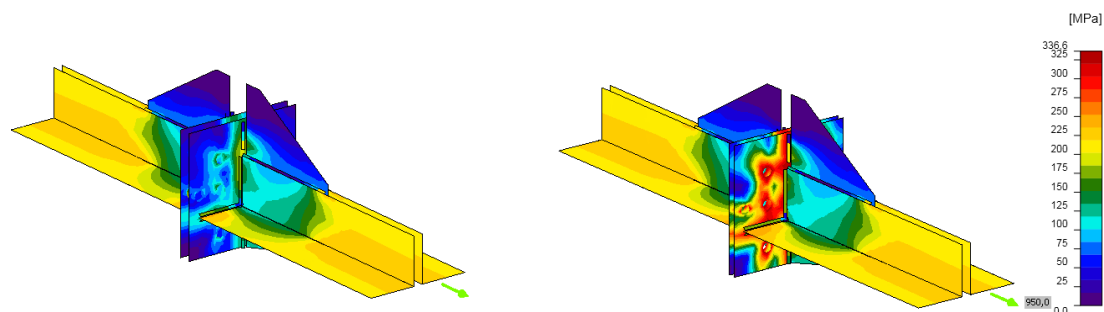


Рис. 1. Напряженное состояние узла по схеме 3 при толщинах фланца 30 и 22 мм

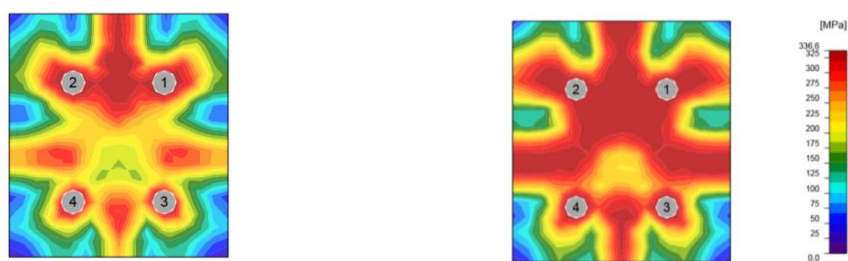


Рис. 2. Схема 1-1. Приведенные напряжения во фланце толщиной 20 мм и 18 мм

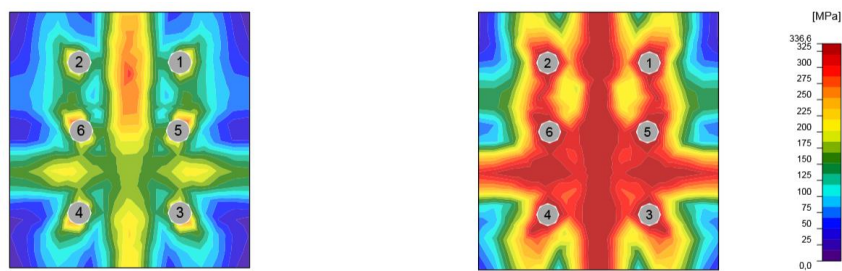


Рис. 3. Схема 2-1. Приведенные напряжения во фланце толщиной 25 мм и 18 мм

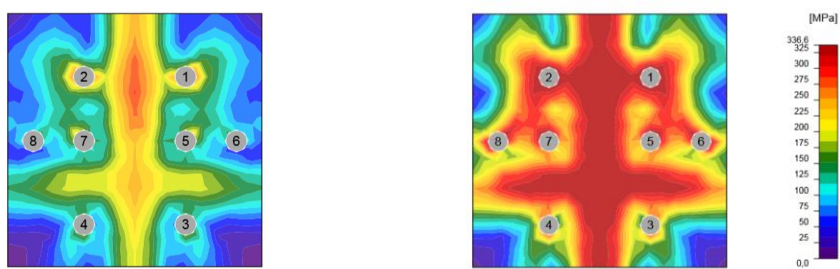


Рис. 4. Схема 3-1. Приведенные напряжения во фланце толщиной 30 мм и 22 мм

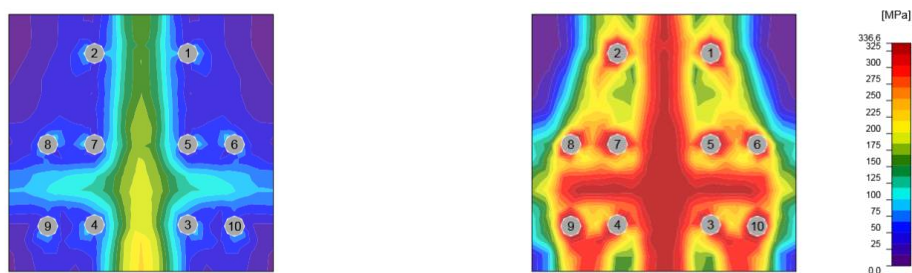


Рис. 5. Схема 4-1. Приведенные напряжения во фланце толщиной 40 мм и 22 мм

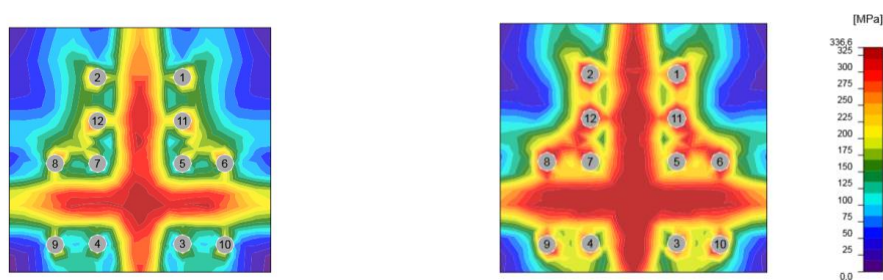


Рис. 6. Схема 5-1. Приведенные напряжения во фланце толщиной 30 мм и 25 мм

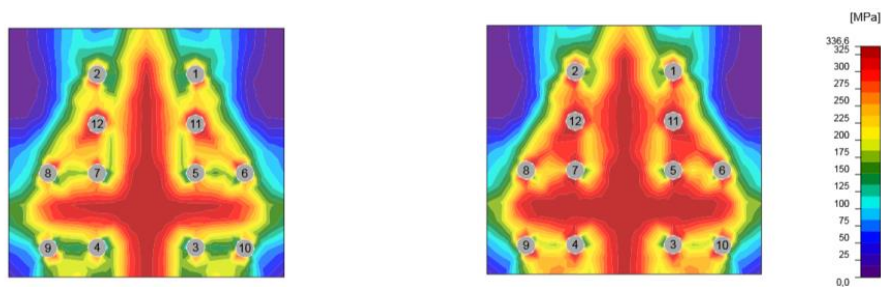


Рис. 7. Схема 6-1. Приведенные напряжения во фланце толщиной 30 мм и 28 мм



в первую очередь, учетом коэффициента условий работы $\gamma_c = 0,9$, принятого согласно табл. 1 [6] (п. 5 – расчет на прочность при растяжении по неослабленному сечению).

Расчеты показали, что наиболее слабым элементом почти во всех узлах являются вертикальные сварные швы крепления фасонок к фланцам на участках вне габаритов уголков. В графе 12 табл. 2 приведены коэффициенты использования сварных швов. Швы заданной величины проходят лишь в 4 случаях из 12. В остальных случаях приходится пользоваться добавкой 2 мм к катету шва при расчетах по металлу шва. Эта добавка учитывает глубину проварки корня шва (см. [8], с. 201) и может быть применена вручную путем увеличения катета шва в расчетах, выполняемых расчетным комплексом. Такие результаты помечены ^{x)}.

С другой стороны, расчеты показали недогруженность фланцев (отсутствие пластики в 8 случаях из 12), но и в остальных случаях максимальная относительная пластическая деформация составляет лишь 0,281 % (графа 5 табл. 2). Известно, что для изгибаемых элементов из сталей с $R_{un}/R_{yn} = 1,5–1,7$ можно учитывать развитие неупругих деформаций до значений $\varepsilon = 4–5$ % [7].

Для стали С355 ($t = 16–40$ мм) $R_{un}/R_{yn} = 490/345 = 1,42 \approx 1,5$.

Недогруженными являются и болты: коэффициент использования их несущей способности изменяется от 0,57 до 0,94.

Таким образом, произведенные расчеты показали возможность во всех случаях уменьшения толщин фланцев и диаметров болтов при том же их количестве.

Во второй части таблицы (окончание табл. 2) показаны результаты крайних расчетов при условии обеспечения несущей способности всех элементов узлов. Критерием остановки расчета является исчерпание несущей способности фланцев, болтов или сварных швов.

При назначении толщины фланцев за минимальную величину конструктивно примем $t_{\phi} = 18$ мм, а максимальную величину относительных пластических деформаций $\varepsilon_{nl} = 0,6$ %, что значительно меньше предельной величины $\varepsilon_{nl} = 5$ %, принятой в расчетном комплексе. Это значит, что области распространения пластических деформаций существенно ограничены. Уменьшение толщины фланцев составило от 7 до 55 % (графа 22).

Диаметр болтов уменьшен в 9 случаях из 12 до величины 20, 22 и 24 мм.

Размеры сварных швов остаются прежними, а коэффициент использования их несущей способности изменился незначительно.

Для иллюстрации работы расчетного комплекса *IDEA StatiCa Connection* показаны конструкция и напряженно-деформированное состояние узла по схеме 3 до и после его изменения (рис. 1-7 цв. вклейки).



Таблица 2
Результаты расчетов узлов

Параметры узла по Рекомендациям [3]													
Схема узла	N (кН)	Сечение элементов	Фланец				Болты				Св. швы		
			t _φ (мм)	σ _{нр} (МПа)	ε _{нл} (%)	d _b (мм)	n (шт.)	N _{b,max} (кН)	N _{bu} (кН)	k _f (мм)	Коэф. исп.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	0,84 ^{х)} 0,82 ^{х)} 0,9 0,83 ^{х)} 0,85 ^{х)} 0,94 ^{х)} 0,97 0,86 ^{х)} 1 1 0,91 ^{х)} 0,92 ^{х)}	
1	594	2 ⊥ 100×7	20	304,2	0,015	24	4	162,5	257	10	12		
1-1	842			336,8	0,116			229,8					
2	743	2 ⊥ 110×8	25	212,8	0		6	147,7					209
2-1	1053			301	0								
3	950	2 ⊥ 125×9	30	202,1	0		8	162,2					230
3-1	1347			295,9	0								
4	1181	2 ⊥ 140×10	40	133,3	0		10	172					234,1
4-1	1673			224,3	0								
5	1486	2 ⊥ 160×11	30	252,4	0		12	205					235,8
5-1	1981			336,7	0,041								
6	1823	2 ⊥ 180×12	30	295	0	27	12	284,7	334,2	14	0,91 ^{х)} 0,92 ^{х)}		
6-1	2430			337,2	0,281								

х) с учетом добавки 2 мм к катету шва согласно [8]



Окончание табл. 2

Результаты расчетов узлов

Схема узла			N (кН)	Сечение элементов	Параметры узла по результатам расчетов										Св. швы	Кэф. исп.	Экономия (%)
					Фланец			Болты				Св. швы					
					t _ф (мм)	σ _{np} (МПа)	ε _{пл} (%)	d _b (мм)	n (шт.)	N _{b,max} (кН)	N _{бу} (кН)	k _f (мм)					
1	2	3	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
1	594	2 ⊥ 100×7	18	336,7	0,07	20	4	161	178,4	10	0,84 ^{х)}	10					
1-1	842			337,7	0,543	22		218,6	220,6								
2	743	2 ⊥ 110×8		336,7	0,052	20	6	158,6	178,4			0,97	28				
2-1	1053			337,3	0,352	22		208,9	220,6			1	28				
3	950	2 ⊥ 125×9	22	336,9	0,134	20	8	163,8	178,4	12	0,85 ^{х)}	40					
3-1	1347			337,2	0,312	22		218,4	220,6			0,89 ^{х)}	27				
4	1181	2 ⊥ 140×10		18	337	0,182	20	10	172,9			178,4	1	55			
4-1	1673			22	337,5	0,461	24		253,2			257	0,87 ^{х)}	45			
5	1486	2 ⊥ 160×11	18	377,7	0,589	20	12	172,8	178,4	14	1	40					
5-1	1981		25	337	0,224	24		240,9	257			0,88 ^{х)}	17				
6	1823	2 ⊥ 180×12	20	337,6	0,497	24	12	249	257			0,91 ^{х)}	33				
6-1	2430		28	337,6	0,512	27		321,2	334,2			0,92 ^{х)}	7				

Принятые обозначения:

- σ_{np} – приведенные напряжения по Мизесу;
 $\varepsilon_{пл}$ – максимальная величина относительных пластических деформаций;
 $N_{b,max}$ – максимальное усилие растяжения в болте;
 N_{bu} – несущая способность болта на растяжение;
 K -т исп. – коэффициент использования несущей способности шва.
^{х)} с учетом добавки 2 мм к катету шва согласно [8].

**Выводы:**

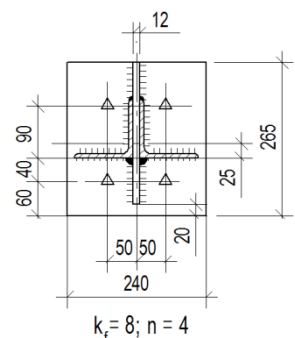
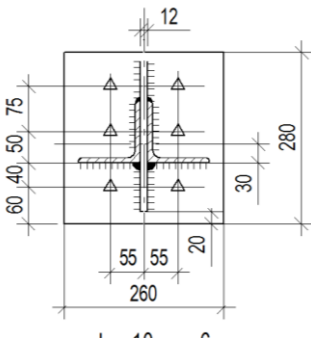
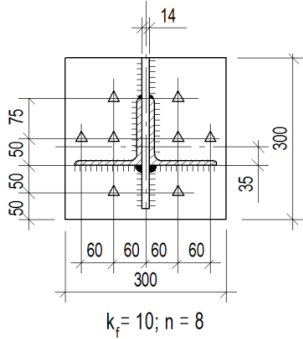
1. Расчеты показывают, что все шесть схем фланцевых узлов по Рекомендациям [1] имеют запасы по несущей способности, особенно при выполнении элементов пояса из стали С245.

2. Введение изменений в узлы приведет к экономии стали для фланцев и уменьшит диаметр болтов с контролируемым натяжением, что снизит трудоемкость изготовления и монтажа узлов в целом.

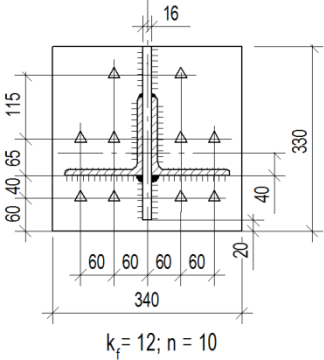
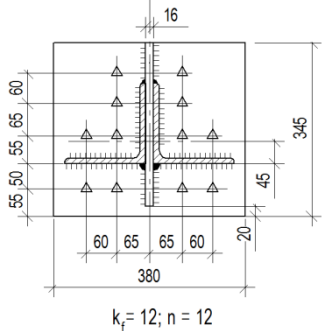
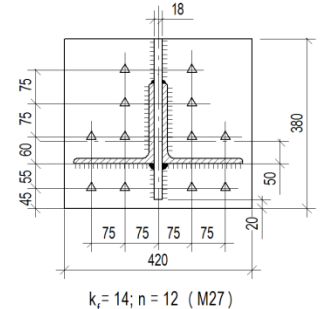
3. Ниже приведена табл. 3 параметров фланцевых узлов с учетом рекомендуемых изменений.

Таблица 3

Параметры фланцевых узлов с учетом результатов расчетов

Но- мер схем ы	Схема соединения, катет шва k_f , мм, кол-во болтов n	Сечение элемента	Максимальное усилие, кН	Толщина фланца, мм	Диаметр болтов, мм
1	 $k_f = 8; n = 4$	2L 100×7	594 (842) ^{x)}	18	20 22 ^{x)}
2	 $k_f = 10; n = 6$	2L 100×8 2L 110×8	674 (955) ^{x)} 743 (1053) ^{x)}	18	20 22 ^{x)}
3	 $k_f = 10; n = 8$	2L 125×8 2L 125×9	851 (1206) ^{x)} 950 (1347) ^{x)}	18 (22) ^{x)}	20 22 ^{x)}

Окончание табл. 3

Но- мер схем ы	Схема соединения, катет шва k_f , мм, кол-во болтов n	Сечение элемента	Максимальное усилие, кН	Толщина фланца, мм	Диаметр болтов, мм
4	 <p>$k_f = 12; n = 10$</p>	$2 \angle 140 \times 9$ $2 \angle 140 \times 10$	$1067 (1512)^x$ $1181 (1673)^x$	$18 (22)^x$	20 24^x
5	 <p>$k_f = 12; n = 12$</p>	$2 \angle 160 \times 10$ $2 \angle 160 \times 112$ $\angle 160 \times 12$	$1356 (1809)^x$ $1486 (1981)^x$ $1615 (2154)^x$	$18 (25)^x$	20 24^x
6	 <p>$k_f = 14; n = 12 (M27)$</p>	$2 \angle 180 \times 11$ $2 \angle 180 \times 12$	$1676 (2235)^x$ $1823 (2430)^x$	$20 (28)^x$	24 27^x

^{x)} для поясов из стали С345



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций. – Москва : ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1989. – 53 с.
2. Серия 1.460.2-10/88. Стальные конструкции покрытий одноэтажных производственных зданий с фермами из парных уголков. Выпуск 1. Покрытия пролетами 18, 24, 30 и 36 м с применением железобетонных плит и стального профилированного настила. Чертежи КМ. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – Часть 1, книга 2. – С. 67–133.
3. Серия 1.460.2-10/88. Стальные конструкции покрытий одноэтажных производственных зданий с фермами из парных уголков. Выпуск 2. Покрытия пролетами 18 и 24 м с фермами высотой 2,25 м. Чертежи КМ. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – Часть 2. – С. 92–159.
4. IDEA StatiCa Connection : вводное пособие. – Санкт-Петербург : НИП-Информатика, 2021.
5. Бароев, Р. Расчет узлов стальных конструкций компонентным методом конечных элементов /Р. Бароев // Архитектура и строительство. – 2019. – № 3. – С. 95–101.
6. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : свод правил : издание официальное : Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. N 126/пр : актуализированная редакция СНиП II-23-81* : дата введения 28 августа 2017 года. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90914/ (дата обращения: 26.04.2024). – Текст : электронный.
7. СП 294.1325800.2017. Конструкции стальные. Правила проектирования. свод правил : издание официальное : Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 мая 2017 г. N 828/пр : дата введения 1 декабря 2017 года. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90914/ (дата обращения: 26.04.2024). – Текст : электронный.
8. Металлические конструкции : в 3-х томах. Том 1 : общая часть. / Под общей редакцией В. В. Кузнецова. – Москва : АСБ, 1998. – 576 с. : ил. – (Справочник проектировщика). – ISBN 5-87829-057-X.

PRONIN Vladislav Valerevich, associate professor of the chair of building structures

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF FLANGE CONNECTIONS OF STRETCHED ELEMENTS OF EQUILATERAL ANGLE BARS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: + 7 (831) 430-54-80;
e-mail: pvv-1947@mail.ru.

Key words: flange assemblies, calculation of assemblies, bolts with controlled tension, welds, stress-strain state.

Calculations of typical flange assemblies of stretched elements of paired angle bars have been performed. The results of assemblies with standard and modified parameters obtained using the IDEA StatiCa 21.1 calculation complex are compared. A table of assemblies with reduced values of flange thicknesses and bolt diameters is presented.



REFERENCES

1. Rekomendatsii po raschyotu, proektirovaniyu, izgotovleniyu i montazhu flantsevykh soedineniy stalnykh stroitelnykh konstruksiy [Recommendations for the calculation, design, manufacture and installation of flange connections of steel building structures]. – Moscow : TsBNTI Minmontazhspestroya SSSR, 1989. – 53 p.
2. Series 1.460.2-10/88. Stalnye konstruksii pokrytiy odnoetazhnykh proizvodstvennykh zdaniy s fermami iz parnykh ugolkov. Vypusk 1. Pokrytiya prolyotami 18, 24, 30 i 36 m s primeneniem zhelezobetonnykh plit i stalnogo profilirovannogo nastila [Steel structures of roofing of single-storey industrial buildings with trusses of paired angle bars. Issue 1. Roofing with spans of 18, 24, 30 and 36 m using reinforced concrete slabs and profiled steel sheets]. Chertezhi KM. – Moscow : TsITP Gosstroya SSSR, 1988. – Chast 1, kniga 2. – P. 67–133.
3. Series 1.460.2-10/88. Stalnye konstruksii pokrytiy odnoetazhnykh proizvodstvennykh zdaniy s fermami iz parnykh ugolkov. Vypusk 2. Pokrytiya prolyotami 18 i 24 m s fermami vysotoy 2.25 m. Steel structures covering single-storey industrial buildings with farms from paired corners. Issue 2. Roofing with spans of 18 and 24 m with trusses of a height of 2.25 m]. Chertezhi KM. – Moscow : TsITP Gosstroya SSSR, 1989. – Chast 2. – P. 92–159.
4. IDEA Static Connection : vvodnoe posobie. – Saint-Petersburg : NIP-Informatika, 2021.
5. Baroev R. Raschyot uzlov stalnykh konstruksiy komponentnym metodom konechnykh elementov [Calculation of subassemblies of steel structures by the component finite element method]. Arkhitektura i stroitelstvo [Architecture and Construction]. 2019. № 3. P. 95–101.
6. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruksii [Steel structures] : svod pravil : utverzhdyon Prikazom Min-va stroit. i zhilishchno-kommunal. khoz-va RF ot 27 fevralya 2017 g. N 126/pr : aktualizir. red. SNiP II-23-81* : data vved. 28 avgusta 2017 goda. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90914/ (data obrashcheniya: 26.04.2024).
7. SP 294.1325800.2017. Stalnye konstruksii [Steel structures] : svod pravil : utverzhdyon Prikazom Min-va stroit. i zhilishchno-kommunal. khoz-va RF ot 31 maya 2017 g. N 828/pr : data vved. 1 dekabrya 2017 goda. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90914/ (data obrashcheniya: 26.04.2024).
8. Metallicheskie konstruksii [Metal structures]. V 3-kh tomakh. Vol. 1 : obshchaya chast. / Pod obshchey red. V. V. Kuznetsova. Moscow : ASV, 1998. – 576 p. : il. – (Spravochnik proektirovshchika). – ISBN 5-87829-057-X.

© В. В. Пронин, 2024

Получено: 26.02.2024 г.



УДК 694.12

Б. Э. ШАРЫНИН, аспирант кафедры строительных конструкций и водоснабжения

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАГИ В СОЕДИНЕНИЯХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЛАСТИНАХ

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

Россия, 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3.

Тел.: (8362)68-78-65; (917)9780128; эл. почта: bogdan.sharynin@yandex.ru

Ключевые слова: численное моделирование, соединения деревянных конструкций, металлические зубчатые пластины (МЗП), условия эксплуатации, влагоперенос в древесине.

Выполнен анализ распределения влаги в опорном узле стропильной фермы с соединениями на металлических зубчатых пластинах при экстремальном увлажнении с применением численного моделирования, а также сформулирована модель теплопроводности древесины с учетом ограничений программного обеспечения.

В вопросе снижения расчетных характеристик в зависимости от условий эксплуатации, в частности эксплуатационной влажности древесины либо относительной влажности воздуха, между отечественными и зарубежными методиками существуют отличия. Например, в США [1] при длительной эксплуатации с равновесной влажностью древесины более 19 %, используется понижающий коэффициент к несущей способности металлических зубчатых пластин (МЗП) (рис. 1) равный 0,8. В Канаде [3] принято деление на сухие и влажные условия эксплуатации. Условия считаются сухими, когда равновесная влажность менее 19 %, при этом среднегодовое значение не более 15 %. Коэффициент условий работы для влажных условий равен 0,67, а для конструкций, которые эксплуатируются в сухих условиях, но были изготовлены во влажных, такой коэффициент принимают равным 0,8. В Европе [3] предусмотрено три класса эксплуатации: первый – при влажности воздуха > 65 % не более нескольких недель в году (равновесная влажность < 12 %), второй – при влажности воздуха > 85 % не более нескольких недель в году (равновесная влажность от 12 до 20 %), третий класс назначается при равновесной влажности > 20 %. При этом коэффициент для условий эксплуатации совмещен с коэффициентом длительности нагрузки, т. е. в нормативном документе приводится их произведение.

Действующая методика расчета таких конструкций в РФ описана сводом правил [4] и учитывает условия их работы в зависимости от температуры, влажности, режима нагружения, обработки защитными составами, сроков эксплуатации и напряженно-деформированного состояния. Эффективность методики с точки зрения безопасности подтверждена многолетним опытом эксплуатации объектов со стропильными фермами на МЗП, первые из которых были возведены в 1970-х годах. Таким образом, нагрузки и воздействия, которые



были учтены при проектировании конструкции, не ведут к снижению расчетного срока эксплуатации.

Однако не все аспекты можно учесть в расчете при проектировании. Так, наиболее распространенным дефектом при эксплуатации несущих конструкций кровель является нарушение герметичности кровельного покрытия, что приводит к нарушению параметров эксплуатационной влажности древесины и выходу условий эксплуатации конструкции за расчетные пределы. Наиболее уязвимыми в данном плане являются оперные узлы, так как несут максимальную нагрузку, находятся на самой нижней высотной отметке по отношению к остальным элементам конструкции, а также имеют наибольшие площади торцевых спилов.

Целью данного исследования является анализ распределения влаги в опорном узле стропильной фермы при экстремальном увлажнении с применением численного моделирования.

Для достижения цели необходимо разрешить следующие задачи:

1. Сформулировать модель влагопроводности древесины с учетом ограничений среды *AnsysFluent 2023R1*.
2. Оценить адекватность модели путем сопоставления с результатами эксперимента аналитическими методами.
3. Произвести численное моделирование процесса увлажнения.
4. Проанализировать результаты численного моделирования.

Древесина, применяемая в строительных конструкциях, относится к капиллярно-коллоидным пористым телам, так как изменяет размер при удалении влаги и становится хрупкой при высушивании, а также имеет ограниченное набухание [5]. Влагоперенос в древесине подразделяют на диффузию, термодиффузию и фильтрацию – перенос зависимости от движущей силы. Ввиду того, что процесс переноса может сопровождаться фазовым переходом, проведение четкой границы между путями представляется практически неразрешимым [6]. Древесина сосны, наиболее часто используемой хвойной породы в строительстве, на 94 % состоит из клеток прямоугольного сечения длиной 3–5 мм, поперечными размерами 20–40 мкм и имеющими от 1 до 12 отверстий диаметром 4–8 нм. Так как проводимость древесины хвойных пород вдоль волокон в 10–15 раз выше [7], чем в поперечных направлениях, а в соединениях торцевые спилы представляют значительную часть площади, то далее в рамках опорного узла (рис. 2) с МЗП размерами 364,25×175,5×1 мм будем рассматривать проводимость вдоль волокон. Оснач Н. А. установил [8], что на проницаемость древесины как коллоидного капиллярно-пористого тела влияют форма, размеры и состояние элементов, выполняющих водопроводящие функции, а также то, что у хвойных пород при увеличении гигроскопической влаги снижется воздухопроводность, которая связана с проницаемостью (1).

Различные данные о размерах элементов строения древесины [9], а также ее неоднородность и наличие тупиковых капилляров и глухих пор не позволяют задать точную величину радиуса капилляров для определения капиллярного потенциала.

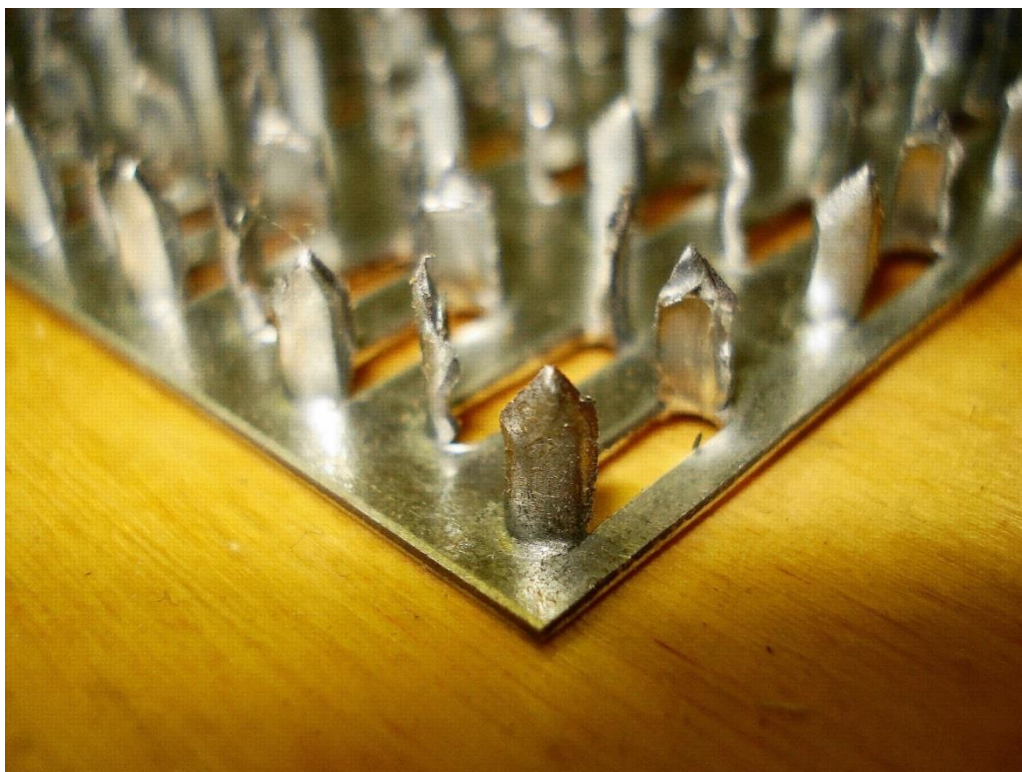


Рис. 1. Фото металлической зубчатой пластины

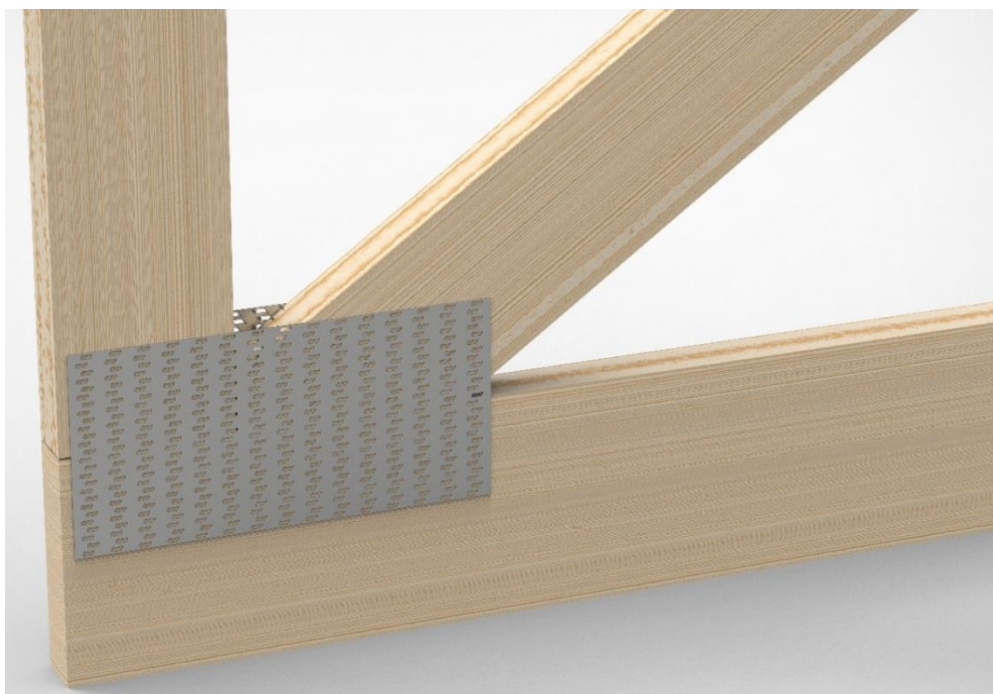


Рис. 2. Опорный узел стропильной фермы



Коэффициент проницаемости

$$C = \frac{\eta \Delta Q l}{\Delta S (P_1 - P_2)}, \text{ см}^2 \quad (1)$$

где ΔQ – секундный объемный расход, $\text{см}^3/\text{с}$; l – длина образца, см ; P_1 – давление на входе образца; P_2 – давление на выходе из образца; ΔS – площадь образца, см^2 ; η – абсолютная вязкость, $\text{г}/(\text{см} \cdot \text{с})$.

В целях моделирования коллоидного капиллярно-пористого тела представим всю его капиллярно-пористую структуру как набор капилляров определенного размера, который, исходя из характеристик проницаемости, может быть выражен через расход.

В уравнении Лапласа определяющим показателем являются главные радиусы кривизны, поэтому для удобства выражения характерного размера форму гипотетического капилляра представим круглой, а его радиус обозначим эффективным радиусом капилляра (4). Из уравнения Пуазейля (2) возможно выразить радиус капилляра (3):

$$Q = \frac{\pi r^4 P}{8 \eta l}; \quad (2)$$

$$r = \sqrt[4]{\frac{8 \eta \Delta Q l}{\pi P}}; \quad (3)$$

где ΔQ – расход флюида, $\text{см}^3/\text{с}$; l – длина образца, см ; P – перепад давления в $\text{г}/\text{см} \cdot \text{с}^2$; η – динамическая вязкость в пуазах.

Домножив и разделив подкоренное выражение на ΔS , получим:

$$r_{\text{эф}} = \sqrt[4]{\frac{8}{\pi} \Delta S C}. \quad (4)$$

при $\Delta S = 1 \text{ см}^2$ выражение приобретает вид:

$$r_{\text{эф}} = \sqrt[4]{\frac{8}{\pi} C}, \quad (5)$$

где $r_{\text{эф}}$ – значение эффективного радиуса капилляра в зависимости от коэффициента проницаемости.

Полученное выражение (5) позволяет вычислять эффективный радиус для любого направления фильтрации при известном коэффициенте проницаемости.

Гороховским А. Г. [10] предложена степенная функция зависимости радиуса микрокапилляров от влажности в гигроскопической области. Чтобы использовать данную функцию в качестве коэффициента к эффективному радиусу капилляра, в предлагаемой модели ее необходимо сместить, так как для расчета эффективного радиуса капилляра используются данные при влажности 9 %, а также нормировать, т. е. в нашем случае ограничить диапазон выходных значений интервалом от 0 до 1. Тогда функция приобретет следующий вид (6):

$$k_{\text{эф}}(W) = -8,2 \cdot 10^{-6} \cdot W^4 + 5,537 \cdot 10^{-4} \cdot W^3 - 0,013 \cdot W^2 + 0,159 \cdot W / 0,7278471 / 1,89941692424137, \quad (6)$$

где W – влажность в %; $k_{\text{эф}}$ – коэффициент, учитывающий изменение радиуса микрокапилляров в зависимости от влажности.

Для моделирования капиллярно-пористого тела в *AnsysFluent 2023* применим подход Эйлер-Эйлера [11], который предусматривает взаимопроникновение фаз. Он вводит понятие фазовой объемной доли, которая

является непрерывной функцией, зависящей от пространства и времени. Сумма фазовых объемных долей равна единице. Уравнения сохранения для каждой фазы приводятся к единому виду для решения системы уравнений. Для данного подхода предусмотрена возможность применения подмоделей расчета капиллярного давления, определять которое будем при помощи функции (6).

Для оценки качественных характеристик предложенной модели были произведены оценочные расчеты в среде *PTCMathCADPrime* капиллярного потенциала для древесины сосны при влажности древесины и ее перепаде, соответствующим условиям эксперимента [12]. В расчете (7) использованы эффективный радиус капилляров для направления вдоль волокон, поверхностное натяжение и плотность воды при 20 °С.

$$P_c(W) = \frac{(100-P) \times 2 \times \sigma}{r(W)} ; \quad (7)$$

$$r(W) = r_{\text{эф}} \times k_{\text{эф}}(W);$$

$$P_c(W_1) = 458,355 \text{ Па};$$

$$P_c(W_2) = 292,535 \text{ Па};$$

$$H_1 = \frac{P_c(W_1)}{\rho \times g} = 0,047 \text{ м};$$

$$H_2 = \frac{P_c(W_2)}{\rho \times g} = 0,03 \text{ м};$$

P_c – капиллярное давление при заданной влажности, Па;

P – пористость древесины, %;

σ – поверхностное натяжение воды, Н/м;

$r(W)$ – радиус капилляров в зависимости от влажности с учетом коэффициента эффективности, м;

$r_{\text{эф}}$ – эффективный радиус капилляра, определенный исходя из воздухопроницаемости, м;

$k_{\text{эф}}(W)$ – коэффициент, учитывающий влияние влажности на размеры микрокапилляров;

H_1 – капиллярный потенциал модели древесины сосны при влажности 14 %;

H_2 – капиллярный потенциал модели древесины сосны при влажности 29 %.

Вычисленные значения коррелируют с результатами эксперимента, в котором увлажнение древесины с 14 до 30 % произошло на высоту около 50 мм (рис. 3).

Результаты обработки данных численного моделирования отражены на графике (рис. 4). В качестве начального распределения влажности в образце при инициализации расчета задавалась объемная доля воды, соответствующая 12 %-ной влажности. Из результатов моделирования следует, что при увлажнении изменяются свойства древесины в месте крепления стойки и раскоса на более чем 38,5 % эффективной площади МЗП (т. е. на высоту 40 мм при эффективной высоте МЗП 77,75 мм), а это может привести к значительному снижению несущей способности соединения.

На основании результатов численного моделирования можно сделать вывод о необходимости консервации торцевых поверхностей деревянных элементов стропильных ферм герметизирующими составами на этапе изготовления конструкций. Данная мера, на фоне минимального увеличения себестоимости производства стропильных ферм, приведет к значительному повышению надежности конструкций в случае протечек кровельного покрытия.

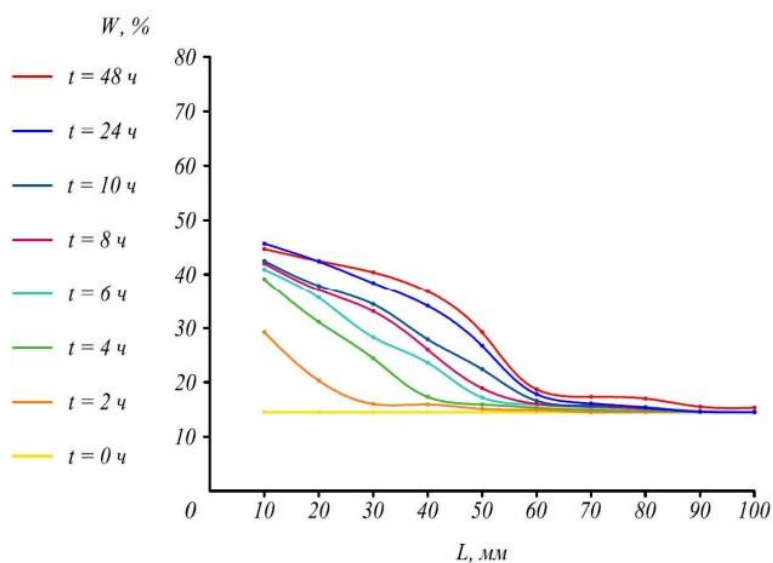


Рис. 3. График распределения влаги в образце по результатам эксперимента

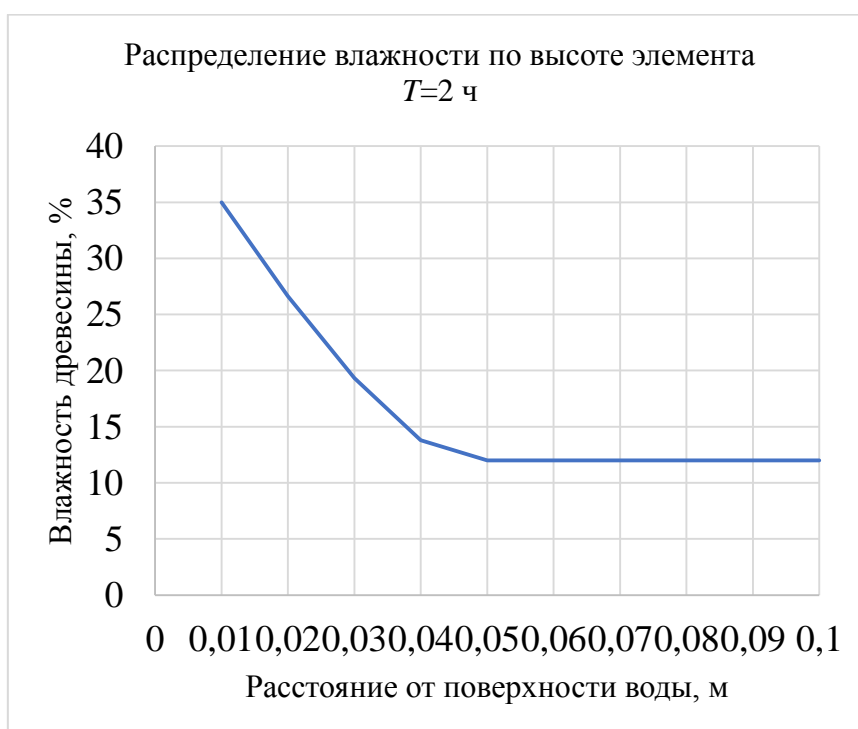


Рис. 4. График распределения влажности в образце по результатам численного моделирования

Сопоставление результатов численного моделирования и экспериментальных данных свидетельствует о возможности применения сформулированной в исследовании модели капиллярного влагопереноса с использованием метода конечных объемов в среде *AnsysFluent 2023R1* для оценки степени увлажнения деревянных элементов строительных конструкций.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ANSI/TPI 1-2022 «National Design Standard for Metal Plate Connected Wood Truss Construction» / The Truss Plate Institute. – 2022.
2. TPIC 2019 «Truss design procedures and specifications for light metal plate connected wood trusses» / Truss Plate Institute of Canada. – 2022. – 98 p.
3. Eurocode 5 : Design of timber structures - Part 1-1 : General - Common rules and rules for buildings. EN 1995-1-1 / European Committee for Standardization. – Brussels, Belgium, 2004.
4. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции : свод правил : издание официальное : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. N 129/пр : актуализированная редакция СНиП II-25-80 : дата введения 28 августа 2017 года. – Москва : Минстрой России, 2017. – 97 с.
5. Лыков, А. В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах / А. В. Лыков. – Москва : Гостехиздат, 1954. – 296 с.
6. Niemz, P. Springer Handbook of Wood Science and Technology / Niemz P., Teischinger A., Sandberg D. – Switzerland : Springer Nature Switzerland AG, 2023. – 2063 p.
7. Котлов, В. Г. Процессы тепломассопереноса при напряженно-деформированном состоянии нагельных соединений : специальность 05.02.13 : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Котлов Виталий Геннадьевич ; Ивановский государственный политехнический университет. – Иваново, 2020. – 342 с.
8. Оснач, Н. А. Проницаемость и проводимость древесины / Н. А. Оснач. – Москва : Лесная промышленность, 1964. – 179 с.
9. Wood Handbook. Wood as engineering material / Forest Products laboratory United States Department of Agriculture Forest Service. – Madison, Wisconsin, 2021 – 564 p.
10. Гороховский, А. Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизации процессов тепломассопереноса в древесине : специальность 05.21.05 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Гороховский Александр Григорьевич ; Санкт-Петербургская государственная лесотехническая. – Санкт-Петербург, 2008. – 40 с.
11. ANSYS Fluent Theory Guide Release 2021 R1 /ANSYS, Inc. – 2021. – 1070 p.
12. Иванова, М. А. Влияние тепломассопереноса на соединения элементов деревянных стропильных конструкций на металлических зубчатых пластинах при циклически изменяющихся температурно-влажностных параметрах среды эксплуатации : специальность 05.02.13 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / М. А. Иванова ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола, 2020. – 168 с.

SHARYNIN Bogdan Eduardovich, postgraduate student of the chair of building structures and water supplies

NUMERICAL SIMULATION OF MOISTURE DISTRIBUTION IN JOINTS OF WOODEN STRUCTURES ON NAIL PLATES

Volga State University of Technology

3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russia. Tel.: +7 (917) 978-01-28;

e-mail: bogdan.sharynin@yandex.ru

Key words: numerical modeling; joints of wooden structures; nail plates; service conditions; moisture transfer in wood.



The article analyzes the moisture distribution in the heel joint of roof truss with nail plates under extreme humidification using numerical modeling, as well as formulates a model of moisture conductivity of wood, taking into account the limitations of software.

REFERENCES

1. ANSI/TPI 1-2022 «National Design Standard for Metal Plate Connected Wood Truss Construction»/ The Truss Plate Institute// 2022.
2. TPIC 2019 «Truss design procedures and specifications for light metal plate connected wood trusses» / Truss Plate Institute of Canada // 2022 – 98 p.
3. Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings. EN 1995-1-1/European Committee for Standardization// Brussels, Belgium, 2004.
4. SP 64.13330.2017. Derevyannye konstruksii [Wooden structures] : svod pravil : utverzhdyon Prikazom Min-va stroit. i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 27 fevralya 2017 g. N 129/pr : aktualizir. red. SNiP II-25-80 : data vved. 28 avgusta 2017 goda. – Moscow : Minstroy Rossii, 2017. – 97 p.
5. Lykov A. V. Yavlenie perenosa v kapillyarno-poristyykh telakh [The phenomenon of transport in capillary-porous bodies]. – Moscow: Gostekhizdat, 1954. – 296 p.
6. Niemz, P., Teischinger A., Sandberg D. Springer Handbook of Wood Science and Technology. – Switzerland :Springer Nature Switzerland AG, 2023 – 2063 p.
7. Kotlov V. G. Protsessy teplomassoperenosa pri napryazhyonno-deformirovannom sostoyanii nagelnykh soedineniy [Processes of heat and mass transfer in the stress-strain state of nagel joints] : spetsialnost 05.02.13 : diss. ... dok. tekhn. nauk ; Ivanov. gos. politekhn. un-t. – Ivanovo, 2020. – 342 p.
8. Osnach N. A. Pronitsaemost i provodimost drevesiny [Permeability and conductivity of wood]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1964. – 179 p.
9. Wood Handbook/ Wood as engineering material / Forest Products laboratory United States Department of Agriculture Forest Service // Madison, Wisconsin, 2021 – 564 p.
10. Gorokhovskiy A. G. Tekhnologiya sushki pilomaterialov na osnove modelirovaniya i optimizatsii protsessov teplomassoperenosa v drevesine [Technology of drying lumber based on modeling and optimization of heat and mass transfer processes in wood] : spetsialnost 05.21.05 : avtoref. diss. ... dok. tekhn. nauk ; Sankt-Peterburg. gos. Isotekhnicheskaya. – Saint-Petersburg, 2008. – 40 p.
11. ANSYS Fluent Theory Guide Release 2021 R1 /ANSYS, Inc // 2021. – 1070 p.
12. Ivanova M. A. Vliyanie teplomassoperenosa na soedineniya elementov derevyannykh konstruksiy na metallicheskih zubchatykh plastinakh pri tsiklicheski izmenyayushchikhsya temperaturno-vlazhnostnykh usloviyakh [The influence of heat and mass transfer on the joints of elements of wooden nail plate trusses with cyclically varying temperature and humidity parameters of the operating environment] : spetsialnost 05.02.13 : diss. ... kand. tekhn. nauk ; Privolzhsk. gos. tekhnolog. un-t. – Yoshkar-Ola, 2020, 168 p.

© Б. Э. Шарынин, 2024

Получено: 25.03.2024 г.



УДК 624.154.1

Ю. С. ГРИГОРЬЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры;
В. В. ФАТЕЕВ, ст. преп. кафедры архитектуры

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ МОДЕЛЕЙ СВАЙНО-ГРУНТОВЫХ ДИАФРАГМ В МАССИВЕ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

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

Ключевые слова: глинистый грунт, модель грунтового массива, модель свайно-грунтовой диафрагмы, несущая способность свай, коэффициент кустового эффекта.

Приводятся результаты экспериментальных исследований работы горизонтально нагруженных моделей свайно-грунтовых диафрагм в массиве глинистого грунта. Выявлена зависимость несущей способности горизонтально нагруженных свайно-грунтовых диафрагм, удельной несущей способности свай в диафрагмах, а также величины коэффициента кустового эффекта от количества свай в диафрагме.

Экспериментальные исследования, представленные в настоящей работе, являются частью комплекса исследований по физическому и математическому моделированию работы горизонтально нагруженных свайных фундаментов зданий и сооружений различного назначения [1–11].

Для экспериментов использовался сконструированный авторами лоток прямоугольной формы размерами 1,6×0,40×1,2 м, объемом $V = 0,77 \text{ м}^3$, предназначенный для моделирования в нем работы однорядных свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, действующие вдоль рядов свай, позволяющий проводить испытания моделей свайно-грунтовых со сваями сечением 30×30 мм, длиной от 60 см до 100 см, с количеством моделей свай в ряду от 2 до 12. Подробное описание экспериментальной установки; конструкции моделей свай и свайных фундаментов; методики формирования модели грунтового массива из глинистого грунта; методики погружения моделей свай в грунтовой массив; методики выполнения экспериментальных исследований опубликованы в нескольких работах авторов [1–4].

В выполненных экспериментах исследовалась работа горизонтально нагруженных моделей одиночных свай и свайно-грунтовых диафрагм, состоящих из 2, 4, 6 и 8 моделей свай длиной 60 см (рис. 1, 2 цв. вклейки), разработанных с учетом одобренной VIII Международным конгрессом по механике грунтов и фундаментостроению, проходившем в 1973 году в Москве, методики испытаний малоразмерных моделей фундаментов, выполненных в масштабе 1/10–1/20 [12].

Модели ростверков были выполнены из двух неравнополочных стальных уголков с монтирующейся на них сверху опорной стальной плитой. Жесткое сопряжение голов свай между собой и с ростверком обеспечивалось с помощью деревянных призматических элементов с поперечным сечением 30×60 мм, вставляемых между сваями, и тонких стальных пластинок, предназначенных для



того, чтобы выбрать при необходимости небольшие вертикальные зазоры между сваями и призматическими элементами (рис. 3, 4 цв. вклейки).

Модель грунтового массива была выполнена из суглинка со следующими характеристиками: плотность $\rho = 1,70 \text{ г/см}^3$; плотность частиц $\rho_s = 2,71 \text{ г/см}^3$; коэффициент пористости $e = 0,807$; влажность $w = 13,5\%$; сцепление $c = 28 \text{ кПа}$; угол внутреннего трения $\varphi = 25^\circ$; модуль деформации $E = 3,5 \text{ МПа}$, что соответствовало средним значениям характеристик лессовых суглинков, распространенных в пределах нагорной части Нижнего Новгорода.

Формирование модели грунтового массива выполнялось послойным трамбованием грунтовой пасты прямоугольной металлической трамбовкой массой 6 кг. Между слоями уплотнявшегося грунта в створе с боковой поверхностью моделей свайного ряда были выполнены прослойки из порошкообразного мела шириной 10 мм, толщиной 0,4 мм, предназначенные для исследования характера деформации и разрушения несущего массива околосвайного грунта (рис. 5–12 цв. вклейки).

Погружение моделей призматических свай на заданную глубину выполнялось забивкой ручным молотом весом 8 кг. Количество ударов молота, необходимых для забивки модели, примерно соответствовало количеству ударов дизель-молота при забивке на строительных площадках призматических свай длиной 6 м, с поперечным сечением 300×300 мм (рис. 1, 2 цв. вклейки). Горизонтальные перемещения моделей свайно-грунтовых диафрагм измерялись в уровне приложения горизонтальной нагрузки прогибомером 6-ПАО, вертикальные перемещения измерялись двумя индикаторами часового типа ИЧ-10, смонтированных у противоположных концов ростверков.

Результаты выполненных испытаний, представленные в виде графиков на рис. 13–15 цв. вклейки, позволили установить степень влияния количества свай на сопротивление моделей диафрагм действию горизонтальных нагрузок.

Анализ выполненных исследований проводился для случаев, когда величина горизонтальных перемещений ростверка в уровне приложения нагрузки достигала значения $\Delta_r = 1,0 \text{ мм}$, принятого в качестве критерия в ряде исследований [13, 14], в соответствии с которыми значение величины необходимого для анализа горизонтального перемещения модели определяется из условия:

$$\Delta_r = \Delta'_r \cdot a_c, \quad (1)$$

где: Δ'_r – допустимая величина горизонтального перемещения свай, принимаемая равной 10–15 мм; a_c – множитель геометрического подобия размера натурной свай и ее модели, принятый в выполненных испытаниях равным 1/10.

В результате выполненных экспериментов было установлено следующее (рис. 5–12 цв. вклейки):

1. Модели свайно-грунтовых диафрагм испытывают: 1) горизонтальные перемещения, развивающиеся в результате деформации грунтового основания и конечной жесткости свай; 2) крен, возникающий из-за вертикальных перемещений свай, работающих на вдавливание и на выдергивание; 3) отрыв от массива околосвайного грунта задней боковой поверхности свай диафрагмы, что в полной мере соответствует работе натуральных одиночных свай в полевых условиях при горизонтальных нагрузках.



2. Сопротивление моделей диафрагм, при величине горизонтального перемещения в уровне приложения нагрузки, равной $\Delta_r = 1,0$ мм, составило (рис. 13 цв. вклейки):

- 1) одиночная свая – 0,224 кН;
- 2) группа из 2 свай – 0,849 кН;
- 3) свайно-грунтовая диафрагма из 4 свай – 2,033 кН;
- 4) свайно-грунтовая диафрагма из 6 свай – 4,462 кН;
- 5) свайно-грунтовая диафрагма из 8 свай – 4,80 кН.

3. Сопротивление горизонтально нагруженных фундаментов, при горизонтальном перемещении в уровне приложения нагрузки равном $\Delta_r = 1,0$ мм, возрастает непропорционально увеличению в фундаментах количества свай:

1) увеличение количества свай с 1 до 2 свай приводит к увеличению сопротивления группы в 3,8 раза;

2) с 1 до 4 свай – к увеличению сопротивления свайно-грунтовой диафрагмы в 9,1 раза;

3) с 1 до 6 свай – к увеличению сопротивления свайно-грунтовой диафрагмы в 19,9 раза;

4) с 1 до 8 свай – к увеличению сопротивления свайно-грунтовой диафрагмы в 21,4 раза.

4. С увеличением числа свай в модели диафрагме средняя горизонтальная нагрузка $H_{ср}$, приходящаяся на одну сваю, увеличивается за счет совместной работы свай, грунта, защемленного между сваями, и околосвайного грунта.

Вместе с тем средняя горизонтальная нагрузка $H_{ср}$, приходящаяся на одну сваю в диафрагме из 8 свай снижается в результате изменения механизма работы диафрагмы из-за разрушения грунтового массива сваями № 8-4, работающими на выдергивание.

5. Крен моделей фундаментов при величине горизонтального перемещения в уровне приложения нагрузки, равной $\Delta_r = 1,0$ мм, составил (рис. 14 цв. вклейки):

- 1) одиночная свая – $3,92 \cdot 10^{-3}$;
- 2) группа из 2 свай – $2,98 \cdot 10^{-3}$;
- 3) свайно-грунтовая диафрагма из 4 свай – $0,68 \cdot 10^{-3}$;
- 4) свайно-грунтовая диафрагма из 6 свай – $0,25 \cdot 10^{-3}$;
- 5) свайно-грунтовая диафрагма из 8 свай – $0,18 \cdot 10^{-3}$.

Таким образом, увеличение количества свай в ряду существенно повышает жесткость фундамента и его устойчивость на опрокидывание.

6. При небольших горизонтальных перемещениях и кренах однорядные горизонтально нагруженные свайные фундаменты работают как свайно-грунтовые конструкции-диафрагмы, состоящие из свай, объединенных жестким ростверком, с защемленным между сваями грунтом.

7. При больших горизонтальных перемещениях: 1) увеличивается крен фундаментов-диафрагм; 2) защемленный между сваями грунт и околосвайный массив грунта разрушаются (рис. 15 цв. вклейки).

8. Разрушение системы «модель свайного фундамента – грунтовое основание» происходит в результате потери фундаментом устойчивости из-за исчерпания несущей способности крайней сваей в ряду, работающей на выдергивание.

9. Грунт, защемленный между сваями, деформируясь, перемещается вместе со сваями с постепенным вовлечением в работу междусвайного грунта на

**К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ
ГОРИЗОНТАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ МОДЕЛЕЙ СВАЙНО-ГРУНТОВЫХ
ДИАФРАГМ В МАССИВЕ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА»**



Рис. 1. Погружение 4 свай с инвентарным наголовником в массив глинистого грунта с помощью молота весом 8 кг и специального кондуктора, обеспечивающего забивку свай в одной вертикальной плоскости

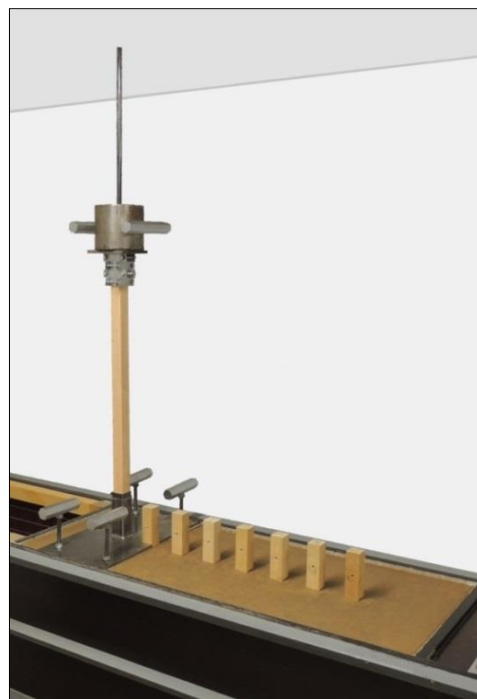


Рис. 2. Погружение 8 свай с инвентарным наголовником в массив глинистого грунта с помощью молота весом 8 кг и специального кондуктора, обеспечивающего забивку свай в одной вертикальной плоскости

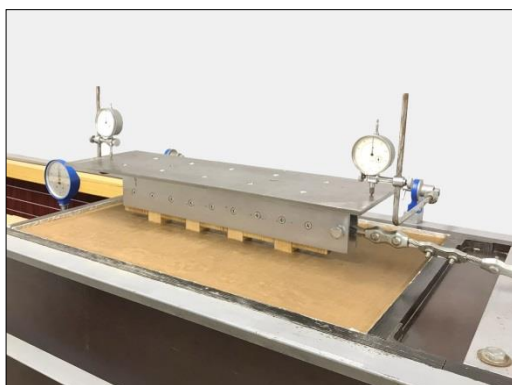


Рис. 3. Модель фундамента в виде свайно-грунтовой диафрагмы из 4 свай, подготовленная к испытаниям



Рис. 4. Модель свайно-грунтовой диафрагмы из 8 свай, подготовленная к испытаниям



Рис. 5. Массив из лессового суглинка с деформированной областью околосвайного грунта



Рис. 6. Деформация несущей области околосвайного грунта. Отрыв тыльной части боковой поверхности сваи от грунта



Рис. 7. Деформация несущей области околосвайного грунта. Отрыв тыльной части боковой поверхности свай от грунта

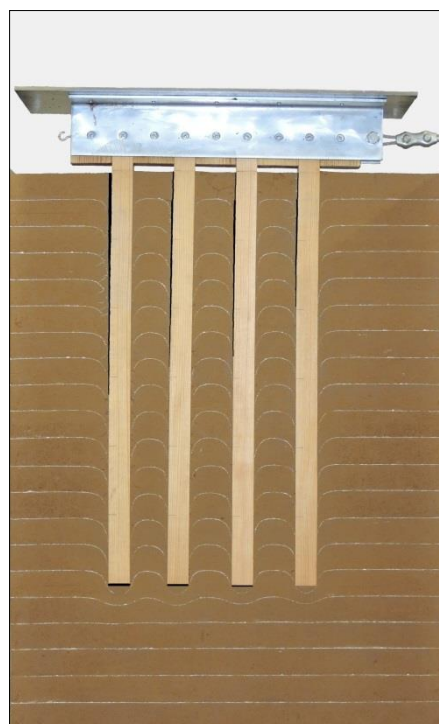


Рис. 8. Деформация несущей области околосвайного грунта. Отрыв тыльной части боковой поверхности свай от грунта



Рис. 9. Диафрагма из 6 свай в массиве из лессового суглинка с деформированной после испытаний областью околосвайного грунта



Рис. 10. Диафрагма из 6 свай с деформированной после испытаний областью околосвайного грунта и с отрывом тыльной части боковой поверхности свай от грунтового массива



Рис. 11. Диафрагма из 8 свай в массиве из лессового суглинка с деформированной после испытаний областью околосвайного грунта

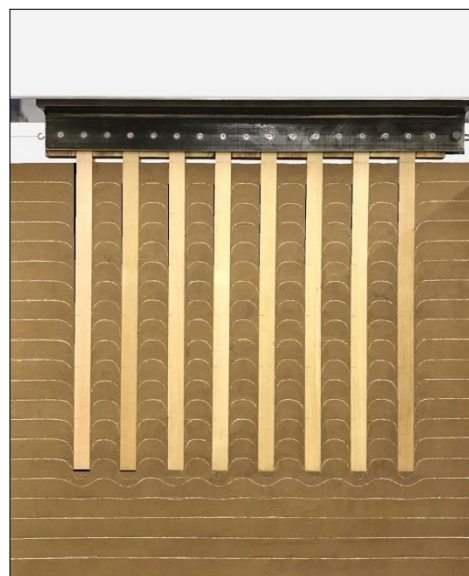


Рис. 12. Диафрагма из 6 свай с деформированной после испытаний областью околосвайного грунта и с отрывом тыльной части боковой поверхности свай от грунтового массива

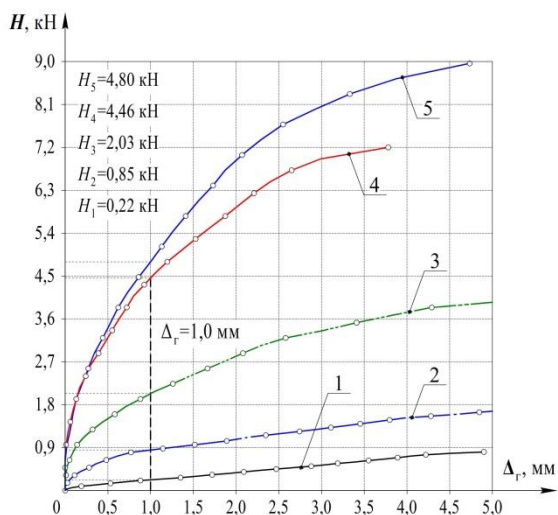


Рис. 13. Зависимость горизонтальных перемещений свайно-грунтовых диафрагм Δ_r , мм от горизонтальной нагрузки H , кН: 1 – одиночная модель свай; 2 – ряд из 2 свай; 3 – ряд из 4 свай; 4 – ряд из 6 свай; 5 – ряд из 8 свай

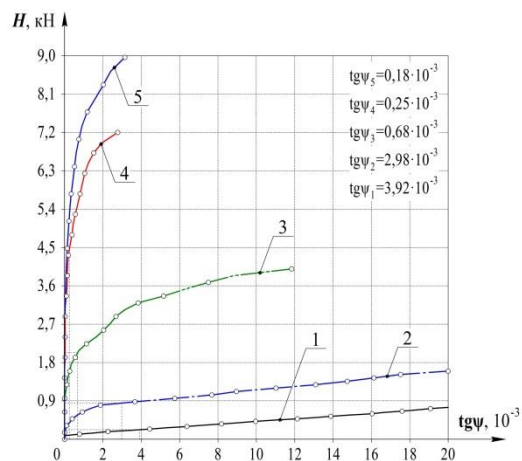


Рис. 14. Зависимость крена свайно-грунтовых диафрагм $\text{tg}\psi$ от горизонтальной нагрузки H , кН: 1 – одиночная модель свай; 2 – ряд из 2 свай; 3 – ряд из 4 свай; 4 – ряд из 6 свай; 5 – ряд из 8 свай

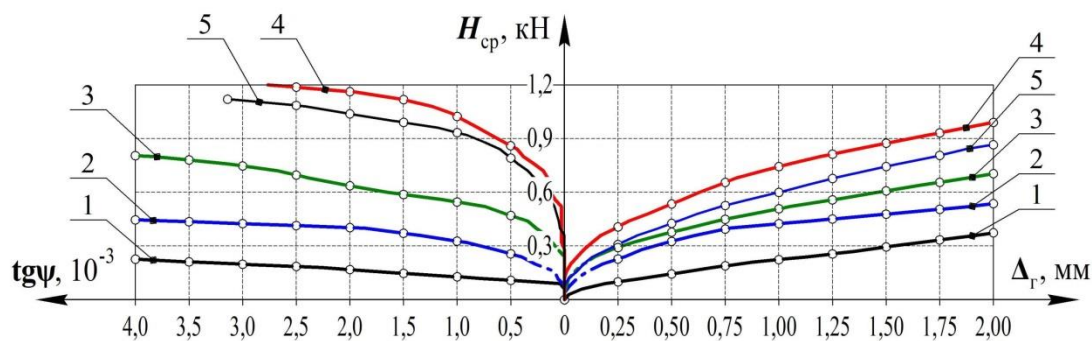


Рис. 15. Зависимости крена $\text{tg}\psi$ и горизонтальных перемещений свайно-грунтовых диафрагм Δ_r , мм от средней горизонтальной нагрузки H_{cp} , кН: 1 – одиночная модель свай; 2 – ряд из 2 свай; 3 – ряд из 4 свай; 4 – ряд из 6 свай; 5 – ряд из 8 свай

большой глубине по мере увеличения горизонтальных перемещений фундамента до значений, превышающих величину $\Delta_r = 1,0$ мм. При этом происходит срез заземленного между сваями грунта в вертикальных свайно-грунтовых диафрагмах, что приводит к снижению сопротивления горизонтальным нагрузкам свайно-грунтовых диафрагм.

10. Величина коэффициента кустового эффекта $K_{кз}$, определяющегося по формуле (2), учитывающего взаимное влияние свай при жесткой заделке голов свай в ростверке, в свайных горизонтально нагруженных ленточных фундаментах с однорядным расположением свай, больше единицы. При этом величина коэффициента $K_{кз}$, не являясь величиной постоянной, зависит от количества свай в диафрагме (рис. 1, 2).

$$K_{кз} = H/n \cdot H_0, \quad (2)$$

где H – сопротивление горизонтально нагруженного фундамента и H_0 – сопротивление горизонтальной нагрузке одиночной сваи со свободной головой при предельном горизонтальном перемещении свай в уровне приложения нагрузки; n – количество свай в фундаменте.

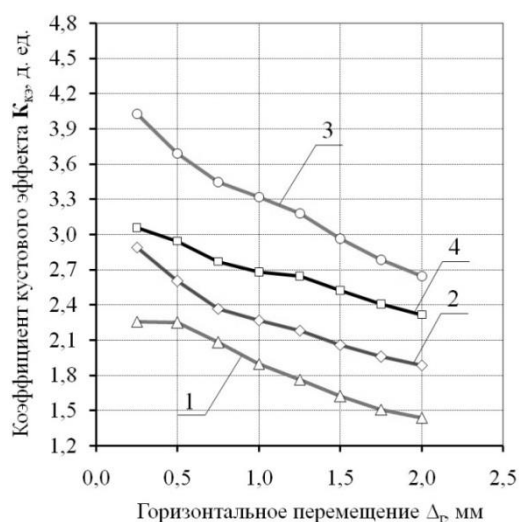


Рис. 1. Зависимости коэффициента кустового эффекта $K_{кз}$ от величины горизонтального перемещения Δ_r , мм, полученные по результатам испытаний моделей свайно-грунтовых диафрагм: 1 – ряд из 2 свай; 2 – ряд из 4 свай; 3 – ряд из 6 свай; 4 – ряд из 8 свай

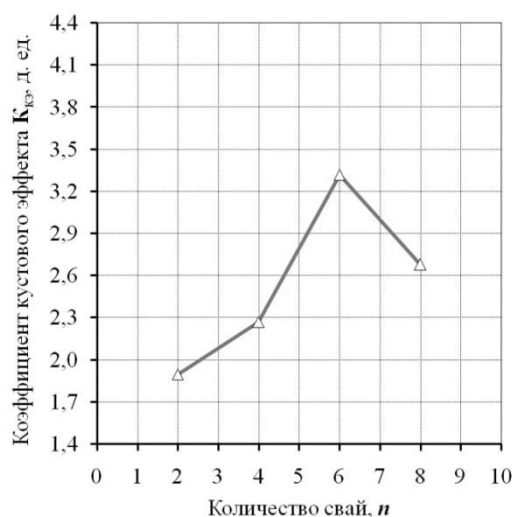


Рис. 2. Зависимости коэффициента кустового эффекта $K_{кз}$ от количества свай n в фундаменте, полученные по результатам испытаний моделей свайно-грунтовых диафрагм

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев, Ю. С. Моделирование работы свайных фундаментов в лабораторных условиях / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 2 (58). – С. 57–61.



2. Григорьев, Ю. С. Экспериментальная установка для испытаний моделей горизонтально нагруженных свайных фундаментов / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 3 (59). – С. 56–61.
3. Григорьев, Ю. С. О методике испытаний моделей призматических свай в массиве глинистого грунта вертикальными нагрузками в лабораторных условиях / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 4 (59). – С. 36–41.
4. Григорьев, Ю. С. Моделирование работы свайных фундаментов в лабораторных и в полевых условиях / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2023. – 150 с. – ISBN 978-5-528-00539-3. – Текст : непосредственный.
5. Григорьев, Ю. С. Компьютерная модель работы висячей призматической сваи в массиве глинистого грунта / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1 (61). – С. 36–41.
6. Григорьев, Ю. С. Верификация компьютерной модели забивной призматической сваи в многослойном грунтовом основании / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 2 (62). – С. 79–84.
7. Григорьев, Ю. С. Исследования работы горизонтально нагруженных фундаментов с линейно расположенными призматическими сваями в программном комплексе «MIDAS» / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 3 (63). – С. 52–57.
8. Григорьев, Ю. С. Исследования работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, действующие вдоль рядов свай, в программном комплексе «MIDAS GTS NX» / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 4 (64). – С. 34–43.
9. Фатеев, В. В. Математическое моделирование работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, действующие поперёк рядов свай, в программном комплексе «MIDAS GTS NX» / В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 4 (64). – С. 44–49.
10. Григорьев, Ю. С. Исследования эффективности работы горизонтально нагруженных свайных фундаментов подпорных сооружений / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 1 (65). – С. 48–51.
11. Григорьев, Ю. С. Исследования взаимного влияния свай в горизонтально нагруженных свайных фундаментах / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 2 (66). – С. 50–60.
12. Труды к VIII Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению, [6-12 августа 1973 г.] / под редакцией Н. А. Цытовича ; Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений Госстроя СССР. Нац. ассоц. СССР по механике грунтов и фундаментостроению. – Москва : Стройиздат, 1973. – 423 с. : ил. – Текст : непосредственный.



13. Дубровщенко, Г. А. Моделирование работы буронабивных свай с использованием аффинного и приближенного подобия / Г. А. Дубровщенко. – Текст : непосредственный // Исследования по основаниям, фундаментам и механике грунтов. – Киев : Будивильник, 1969. – С. 95–100.

14. Знаменский, В. В. Инженерный метод расчёта горизонтально нагруженных групп свай : учебное пособие для вузов / В. В. Знаменский. – Москва : АСВ, 2000. – 128 с. : ил. – ISBN 5-93093-050-3. – Текст : непосредственный.

GRIGOREV Yuri Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; FATEEV Valery Valerevich, senior teacher of the chair of architecture

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE OPERATION OF HORIZONTALLY LOADED MODELS OF PILE-GROUND DIAPHRAGMS IN AN ARRAY OF CLAY SOIL

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;

e-mail: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru

Key words: clay soil, a model of a soil massif, a model of a pile-soil diaphragm, bearing capacity of piles, coefficient of the cluster effect.

The article presents the results of experimental studies of the operation of horizontally loaded models of pile-ground diaphragms in an array of clay soil. The dependence of the bearing capacity of horizontally loaded pile-ground diaphragms, the specific bearing capacity of piles in the diaphragms, as well as the value of the coefficient of the cluster effect on the number of piles in the diaphragm is revealed.

REFERENCES

1. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Modelirovanie raboty svaynykh fundamentov v laboratornykh usloviyakh [Modeling the work of pile foundations in the laboratory]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2021. № 2 (58). P. 57–61.

2. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Eksperimentalnaya ustanovka dlya ispytaniy modeley gorizontarno nagruzhennykh svaynykh fundamentov [Experimental installation for testing models of horizontally loaded pile foundations] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. № 3 (59). P. 56–61.

3. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. O metodike ispytaniy modeley prizmaticheskikh svay v massive glinistogo grunta vertikalnymi nagruzkami v laboratornykh usloviyakh [On the methodology of testing models of prismatic piles in an array of clay soil by vertical loads in laboratory conditions] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2023. – № 4 (59). – P. 36–41.

4. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Modelirovanie raboty svaynykh fundamentov v laboratornykh i v polevykh usloviyakh / [Modeling the operation of pile foundations in the laboratory and in the field] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod : NNGASU, 2023. – 150 p. – ISBN 978-5-528-00539-3.

5. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Kompyuternaya model raboty visyachey prizmaticheskoy svai v massive glinistogo grunta [A computer model of the operation of a hanging prismatic pile in an array of clay soil] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky

Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2022. – № 1 (61). – P. 36–41.

6. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya kompyuternoy modeli zabivnoy prizmaticheskoy svai v mnogosloynnom gruntovom osnovanii [Verification of a computer model of a driven prismatic pile in a multilayer soil base] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2022. – № 2 (62). – P. 79–84.

7. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Issledovaniya raboty gorizontально nagruzhennykh fundamentov s lineyno raspolozhennymi prizmaticheskimi svayami v programmnom komplekse «MIDAS» [Studies of the operation of horizontally loaded foundations with linearly arranged prismatic piles in the “MIDAS” software package] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2022. – № 3 (63). – P. 52–57.

8. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Issledovaniya raboty lentochnykh svaynykh fundamentov na gorizontálne nagruzki, deystvuyushchie vdol ryadov svay, v programmnom komplekse «MIDAS GTS NX» [Studies of the operation of strip pile foundations on horizontal loads acting along rows of piles in the software package “MIDAS GTS NX”] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2022. – № 4 (64). – P. 34–43.

9. Fateev V. V. Matematicheskoe modelirovanie raboty lentochnykh svaynykh fundamentov na gorizontálne nagruzki, deystvuyushchie poperyok ryadov svay, v programmnom komplekse «MIDAS GTS NX» [Mathematical modeling of the operation of strip pile foundations on horizontal loads acting across rows of piles in the software package “MIDAS GTS NX”] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2022. – № 4 (64). – P. 44–49.

10. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Issledovaniya effektivnosti raboty gorizontально nagruzhennykh svaynykh fundamentov podpornykh sooruzheniy [Research on the effectiveness of horizontally loaded pile foundations of retaining structures] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2023. – № 1 (65). – P. 48–51.

11. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Issledovaniya vzaimnogo vliyaniya svay v gorizontально nagruzhennykh svaynykh fundamentakh [Studies of the mutual influence of piles in horizontally loaded pile foundations] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2023. – № 2 (66). – P. 50–60.

12. Trudy k VIII Mezhdunarodnomu kongressu po mekhanike gruntov i fundamentostroeniyu [Proceedings of the VIII International Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering], 6-12 avgusta 1973 g. / pod red. N. A. Tsytovicha ; Nauch.-issled. in-t osnovaniy i podzemnykh sooruzheniy Gosstroya SSSR. Nats. Assots. SSSR po mekhanike gruntov i fundamentostroeniyu. - Moscow: Stroyizdat, 1973. – 423 p. : il.

13. Dubrovshchenko G. A. Modelirovanie raboty buronabivnykh svay s ispolzovaniem affinogo i priblizhyonnogo podobiya [Modeling the operation of bored piles using affine and approximate similarity] / Issledovaniya po osnovaniyam, fundamentam i mekhanike gruntov [Research on foundations, foundations and soil mechanics]. – Kiev : Budivilnik, 1969. – P. 95–100.

14. Znamensky V. V. Inzhenerny metod raschyota gorizontально nagruzhennykh grupp svay [Engineering method for calculating horizontally loaded groups of piles] : uchebnoe posobie dlya vuzov. – Moscow : ASV, 2000. – 128 p., il. – ISBN 5-93093-050-3.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2024

Получено: 22.03.2024 г.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.32:004

К. О. СУХАНОВ¹, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; **С. В. КАШНИКОВ¹**, ст. преп. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; **А. М. ГРИМИТЛИН²**, д-р техн. наук, проф., председатель комитета НОПРИЗ по цифровизации архитектурно-строительного проектирования; **Е. Л. ПАЛЕЙ³**, канд. техн. наук, председатель экспертной комиссии ЦОК

УНИФИКАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ УЗЛОВ КРЫШНЫХ КОТЕЛЬНЫХ В ФОРМАТЕ ЦИФРОВОЙ БИБЛИОТЕКИ

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Тел.: +7 (812) 575-05-31, +7 (921) 388-59-60; эл. почта: suhanov.kirill1993@mail.ru

²Национальное объединение изыскателей и проектировщиков (НОПРИЗ)

Россия, 123056, г. Москва, ул. 2-я Брестская, д. 5. Тел.: +7 (495) 984-21-33, +7 (921) 959-85-61; эл. почта: grimitlin@sro-is.ru

³Ассоциация инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике «Северо-Западный Межрегиональный Центр АВОК»

Россия, 197342, г. Санкт-Петербург, ул. Сердобольская, д. 65, литер «А», пом. 2-Н. Тел.: (812) 336-95-60, (921) 993-33-96; эл. почта: efimpaley@mail.ru

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, цифровые библиотеки, информационная модель, проектно-сметная документация, отопление, теплоснабжение, горячее водоснабжение.

В настоящей работе созданы готовые цифровые модули для оптимизации процесса подготовки проектной и рабочей документации, при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте крышных котельных.

Создание открытых цифровых библиотек готовых инженерных узлов в форматах, пригодных для применения в основных программных продуктах для технологии информационного моделирования существенно сократит время на проработку проектных решений, на выбор оборудования, на расчеты и изготовление чертежей, улучшит качество проектной документации, позволит ускорить внедрение прогрессивных энергоэффективных и экологически безопасных технологий и оборудования.

При проектировании объектов капитального строительства активно применяются инструменты технологий информационного моделирования (ТИМ) [1–5]. Переход на технологии информационного моделирования совершили многие организации строительной отрасли, и работа в этом направлении продолжается. Большим плюсом применения информационного моделирования является то, что оно позволяет не только проектировать объект, но и отслеживать весь его жизненный цикл [6].

Преимущества использования ТИМ на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства неоспоримы [7]. Применение этих



технологий позволяет использовать методы энергетического моделирования, популярные в мировой практике [8]. Информационные модели инженерных систем для выполнения рабочей документации требуют высокой степени геометрической и информационной детализации, в связи с чем к компонентам, из которых формируется информационная модель, предъявляются высокие требования. Создание готовых цифровых модулей для оптимизации процесса подготовки проектной и рабочей документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте крышных котельных является в настоящее время весьма актуальной задачей.

Весь цикл проведенных авторским коллективом исследований был разбит на три основных этапа:

1 этап – создание альбома типовых тепломеханических схем и их узлов для крышных котельных в электронном виде (формат 2D).

2 этап – исследование и анализ имеющихся цифровых модулей и цифровых библиотек оборудования, арматуры, деталей и элементов трубопроводов, приборов КИП и т. п.

3 этап – создание альбома цифровых моделей оборудования, арматуры и их сборок по типовым тепломеханическим схемам крышных котельных.

На первом этапе, с целью унификации, тепловые схемы были разделены по типам и по мощности котлов, по установленной тепловой мощности котельных, по видам подключенных тепловых нагрузок и схемам их присоединения. В альбоме были рассмотрены три основные схемы, включающие в себя практически все варианты крышных котельных.

А-I – тепловая схема крышной котельной с настенными котлами (теплогенераторами) единичной тепловой мощностью 50–150 кВт для обеспечения нагрузок отопления и вентиляции (ОВ) и горячего водоснабжения (ГВС). Зависимое присоединение осуществлялось через гидравлический разделитель.

А-II – тепловая схема крышной котельной с котлами единичной тепловой мощностью выше 150 кВт для обеспечения нагрузок ОВ и ГВС с не зависимым присоединением.

А-III – тепловая схема крышной котельной с настенными (навесными) котлами единичной тепловой мощностью выше 150 кВт для обеспечения нагрузок ОВ и ГВС с зависимым присоединением через гидравлический разделитель.

Внутри каждая схема делится на крупные блоки, которые, в свою очередь, в зависимости от сложности и набора оборудования и арматуры могут делиться на подблоки – элементы.

Для каждого блока дается своя спецификация, что не позволяет при разработке проектной документации упустить какие-либо позиции оборудования, арматуры или материалов и соответственно не учесть их при формировании сметы. В спецификациях не указывается конкретная марка и изготовитель оборудования, арматуры и других изделий/материалов. Даны только технические характеристики.

Часть блоков, входящих в каждую схему, являются одинаковыми для трех схем, все отличие в блоках связано с производительностью (диаметр труб и арматуры, производительность/объем оборудования). Нумерация блоков в трех схемах также принята одинаковой. Для дальнейшей разработки проектной и рабочей документации (компоновочные решения, разводка трубопроводов)



проектировщики должны будут воспользоваться цифровой библиотекой оборудования, арматуры и других изделий.

На втором этапе производился поиск качественных элементов оборудования, арматуры, деталей и элементов трубопроводов, приборов КИП и т. п. в цифровом формате, пригодном для ТИМ.

На основании проведенного анализа существующих библиотек компонентов информационных моделей выявлено, что не все оборудование и арматура отечественных производителей разработано корректно:

- в некоторых случаях на арматуре отсутствовал соединитель трубопровода, что не давало возможности разместить данный компонент;

- ряд элементов при внешнем сходстве с реальным оборудованием и наличии соединителя некорректно работали в модели, например, прикреплялись к системе под небольшим углом, что в конечном итоге приводило к рассоединению трубопроводов;

- не во всех элементах правильно настроен уровень детализации;

- по ряду позиций не подтверждалась их дальнейшее сопровождение и актуализация.

В результате строгого отбора были подобраны корректно созданные элементы оборудования, доступного на территории Российской Федерации. Эти компоненты внешне соответствуют оригиналу, правильно передают расчетные данные и наполнены характеристиками, необходимыми для создания спецификации.

В итоге на третьем этапе на основе выбранных компонентов был создан альбом цифровых моделей.

Модель каждой схемы создавалась отдельным проектом в специализированном шаблоне. По каждой модели составлена спецификация.

Для удобства применения схем конечным пользователем блоки-модули, из которых собраны схемы котельных, унифицированы. Это позволило применить одни и те же модули во всех трех схемах, за исключением отличия в производительности некоторого оборудования. Нумерация блоков выполнена сквозной для всех трех тепловых схем.

Результаты работы приведены на рис. 1–5.

Пример тепловой схемы блока соединительных трубопроводов представлен на рис. 1.

На рис. 2 представлена модель блока соединительных трубопроводов.

На рис. 3 показана модель блока нагрузочных насосов системы ГВС. Каждая система выполнена в отдельном цвете, в соответствии с используемым шаблоном.

Для удобства координации с другими проектами узлы размещены непосредственно у точек координат проекта (базовая точка проекта, точка съемки). Созданные узлы, например, на основании «Тепловой схемы крышной котельной с настенными (навесными) котлами единичной тепловой мощностью 50–150 кВт для обеспечения нагрузок ОВ и ГВС».

Зависимое присоединение через гидравлический разделитель» А-I изображено на рис. 4.

Созданные узлы могут быть объединены в единую модель, (рис. 5), или каждый узел может использоваться отдельно для конкретного случая.

Созданная цифровая библиотека узлов тепловой крышной котельной значительно упростит работу проектировщика. Каждый узел можно переместить

в создаваемый проект и присоединить к нему разрабатываемую систему. При необходимости можно заменить компоненты, из которых состоят узлы, на другие без ущерба для модели.

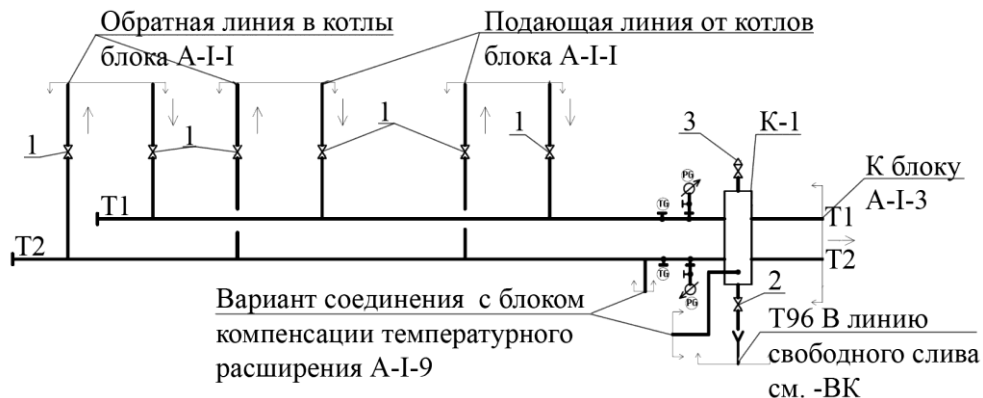


Рис. 1. Тепловая схема блока соединительных трубопроводов: Т1 – подающий трубопровод тепловой сети; Т2 – обратный трубопровод тепловой сети

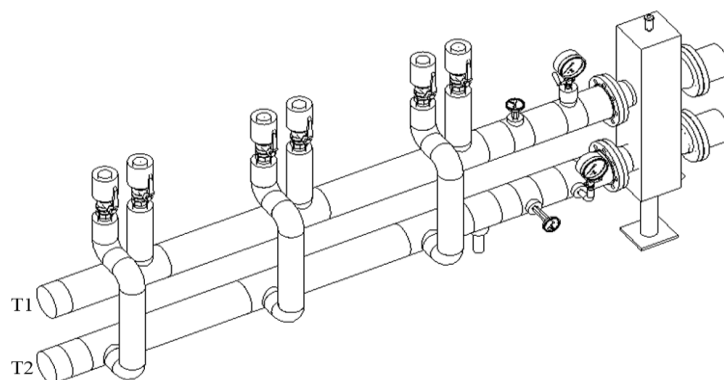


Рис. 2. Модель блока соединительных трубопроводов: Т1 – подающий трубопровод тепловой сети; Т2 – обратный трубопровод тепловой сети

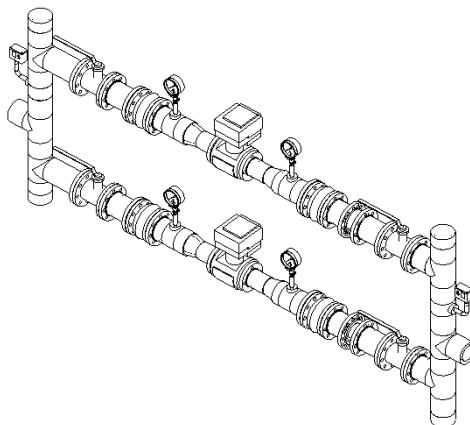


Рис. 3. Модель блока нагрузочных насосов ГВС

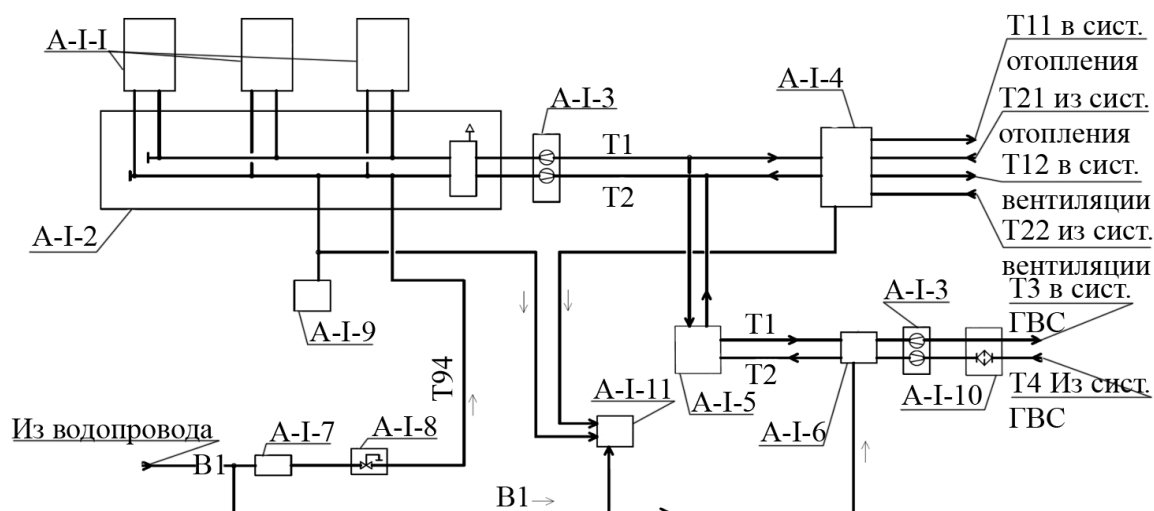


Рис. 4. Тепловая схема котельной: T1 – подающий трубопровод тепловой сети; T2 – обратный трубопровод тепловой сети

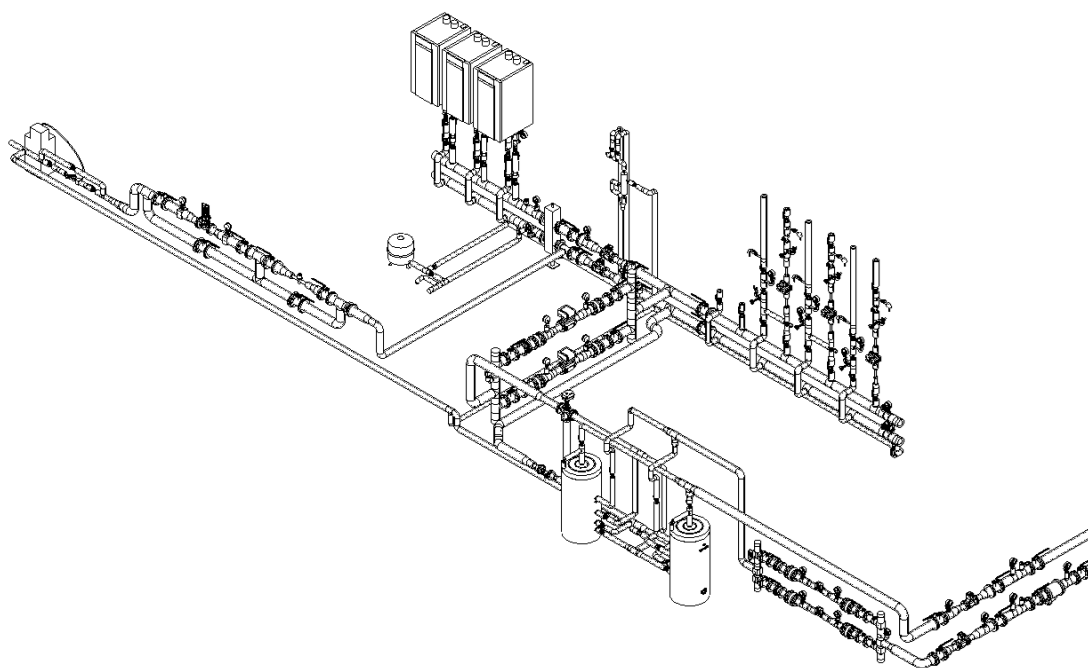


Рис. 5. Модель: тепловая схема котельной

В заключение отметим, что разработанные модели могут быть экспортированы в различные форматы для использования в смежных программных комплексах. Это дает возможность применять элементы цифровой библиотеки в энергетическом и численном моделировании для более подробного исследования инженерных систем. Во многих организациях идет переход с зарубежного программного обеспечения на отечественное [9], в связи с этим



подобные узлы также могут быть реализованы в программных комплексах *Renga*, *nanoCad* и *Model Studio*.

Создание открытых цифровых библиотек готовых инженерных узлов в форматах, пригодных для применения в основных программных продуктах для ТИМ, существенно сократит время на проработку проектных решений, на выбор оборудования, на расчеты и изготовление чертежей, улучшит качество проектной документации, позволит ускорить внедрение прогрессивных энергоэффективных и экологически безопасных технологий и оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sukhanova, I. Numerical Simulation of a Stable Microclimate in a Historic Building / I. Sukhanova, K. Sukhanov // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Volume. – 982. – P. 84–90.
2. Российская Федерация. Правительство. О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы : указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 // *Собрание законодательства Российской Федерации*. – 2017. – № 20. – Ст. 2901.
3. Курило, Е. Ю. Технологии информационного моделирования при проектировании гидротехнических сооружений / Е. Ю. Курило, Д. В. Нижегородцев // *Вестник гражданских инженеров*. – 2020. – № 4 (81). – С. 54–57.
4. Горовой, Н. В. Методика междисциплинарного взаимодействия специалистов при разработке информационных моделей здания / Н. В. Горовой, И. А. Рудный, И. А. Марданов. – Текст : электронный // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы V Международной научно-практической конференции* / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург. – 2022. – С. 58–63. – DOI: 10.23968/BIMAC.2022.007.
5. Ротков, С. В. Организация учебного процесса в ННГАСУ для сквозной подготовки строителей технологиям информационного моделирования / С. В. Ротков, Е. В. Конопацкий, М. В. Лагунова // *Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет*. – Нижний Новгород, 2023. – № 3 (67). – С. 9–21.
6. Гримитлин, А. М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий / Д. М. Денисихина // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции* / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург. – 2018. – С. 93–97.
7. Chikovskaya, I. N. Building information modeling-based engineering systems design / I. N. Chikovskaya, I. I. Sukhanova, K. O. Sukhanov // *Lecture notes in civil engineering*. – 2023. – Volume. – 257. – P. 245–252. – DOI: 10.1007/978-3-030-99877-6_29.
8. Reinhart, C. F. Urban building energy modeling – a review of a nascent field / C. F. Reinhart, C. Cerezo Davila // *Building and Environment*. – 2016. – № 97. – P. 196–202. – DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.12.001.
9. Преимущества использования и развития отечественного BIM : системы для трехмерного проектирования Renga / Д. А. Дубинин, А. А. Набок, В. А. Харин, Л. М. Лаврентьева // *Инженерный вестник Дона*. – 2017. – № 3. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4334 (дата обращения: 29.01.2024).



SUKHANOV Kirill Olegovich¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation; **KASHNIKOV Sergey Vladimirovich¹**, senior teacher of the chair of heat and gas supply and ventilation; **GRIMITLIN Aleksandr Moiseevich²**, doctor of technical sciences, professor, chairman of the Committee on Digitalization of Architectural and Construction Design; **PALEY Efim Lvovich³**, candidate of technical sciences, chairman of the expert commission

UNIFICATION OF DESIGN SOLUTIONS FOR ROOF BOILER HOUSE UNITS IN DIGITAL LIBRARY FORMAT

¹St Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

4, 2-ya Krasnoarmeyskaya St., St Petersburg, 190005, Russia. Tel.: +7 (812) 575-05-31, +7 (921) 388-59-60; e-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru

²National Association of Surveyors and Designers

5, 2-ya Brestskaya St., Moscow, 113534, Russia. Tel.: +7 (495) 984-21-33, +7 (921) 959-85-61; e-mail: grimitlin@sro-is.ru

³Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air Conditioning, Heat Supply and Construction Thermophysics «Northwest Interregional Center of AVOC»

65 A, Serdobolskaya St., St Petersburg, 197342, Russia. Tel.: +7 (812) 336-95-60, +7 (921) 993-33-96; e-mail: efimpaley@mail.ru

Key words: information modeling technologies, digital libraries, information model, design and estimate documentation (DED), heating, heat supply, hot water supply.

In this work, ready-made digital modules have been created to optimize the process of preparing design and working documentation for construction, reconstruction, and major repairs of roof-top boiler houses.

The creation of open digital libraries of ready-made engineering components in formats suitable for use in major software products for information modeling technology will significantly reduce the time for developing design solutions, selecting equipment, making calculations and producing drawings, will improve the quality of project documentation and will accelerate the implementation of progressive energy-efficient and environmentally friendly technologies and equipment.

REFERENCES

1. Sukhanova I., Sukhanov K. Numerical Simulation of a Stable Microclimate in a Historic Building // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 982, p. 84-90 (2020).
2. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. O strategii razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossiyskoy Federatsii na 2017 – 2030 gody [On the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017-2030]. Ukaz Prezidenta RF ot 9 maya 2017 g. № 203 // SZ RF. 2017. № 20, st. 2901.
3. Kurilo E. Yu., Nizhegorodtsev D. V. Tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya pri proektirovanii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Technologies of information modeling in the design of hydraulic structures] // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2020. № 4 (81). P. 54–57.
4. Gorovoy N. V., Rudny I. A., Mardanov I. A. Metodika mezhdistsiplinarnogo vzaimodeystviya spetsialistov pri razrabotke informatsionnykh modeley zdaniya [The methodology of interdisciplinary interaction of specialists in the development of building information models] // *BIM-modelirovanie v zadachakh stroitelstva i arkhitektury: materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Saint-Petersburg, 2022. P. 58–63. DOI: 10.23968/BIMAC.2022.007.*



5. Rotkov S. I., Konopatskiy E. V., Lagunova M. V. Organizatsiya uchebnogo protsessa v NNGASU dlya skvoznoy podgotovki stroiteley tekhnologiyam informatsionnogo modelirovaniya [Organization of the educational process in the NNGASU for end-to-end training of builders in information modeling technologies] // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023. № 3 (67). P. 9–21.
6. Grimitlin A. M., Denisikhina D. M. Energeticheskoe modelirovanie – instrument povysheniya energoeffektivnosti zdaniy [Energy modeling is a tool for improving the energy efficiency of buildings] // BIM-modelirovanie v zadachakh stroitelstva i arkhitektury: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii; Sankt-Peterburg. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Saint-Petersburg, 2018. P. 93–97.
7. Chikovskaya I. N., Sukhanova I. I., Sukhanov K. O. Building information modeling-based engineering systems design // Lecture notes in civil engineering. – 2023. – Volume. – 257. – P.245-252. DOI: 10.1007/978-3-030-99877-6_29.
8. Reinhart C. F., Cerezo Davila C. Urban building energy modeling – a review of a nascent field // Building and Environment. 2016. № 97. P. 196–202. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.12.001.
9. Dubinin D. A., Nabok A. A., Kharin V. A., Lavrenteva L. M. Preimushchestva ispolzovaniya i razvitiya otechestvennogo BIM: sistemy dlya tryokhmernogo proektirovaniya Renga [Advantages of using and developing domestic BIM: systems for three-dimensional design Renga] // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don], 2017, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4334 (data obrashcheniya: 29.01.2024).

© К. О. Суханов, С. В. Кашников, А. М. Гримитлин, Е. Л. Палей, 2024

Получено: 04.04.2024 г.

**УДК 697.7:628.8**

М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой отопления и вентиляции;
М. С. МОРОЗОВ, ст. преп. кафедры отопления и вентиляции;
А. А. СМЫКОВ, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры отопления и вентиляции

ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

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

Ключевые слова: отопление; лучистое отопление; водяное отопление; инфракрасное излучение; излучатель; энергоэффективность; энергосбережение; экономическое обоснование.

Проведен анализ определения параметров энергоэффективности активных систем обеспечения параметров микроклимата на примере применения систем лучистого отопления в крупнообъемном производственном здании.

В связи с тем, что тарифы на тепловую энергию неуклонно растут, а в нормативном поле все чаще появляются нормативные документы, призывающие к применению энергоэффективных технологий, задачей, обладающей высокой актуальностью, является снижение энергозатрат при обеспечении теплотой производственных зданий. Традиционные схемы водяного и воздушного отопления зачастую оказываются чрезмерно затратными, применение таких типов отопления для крупнообъемных производственных зданий не является экономически обоснованным технологическим решением. Благодаря широкому спектру научных исследований в области теплотехники каждый год на рынке появляются все более совершенные технологии, устройства и системы устройств. Одним из наиболее репрезентативных примеров внедрения современных технологий можно назвать системы лучистого отопления. Проведя анализ практики применения подобных систем, можно сделать вывод о ряде их преимуществ по сравнению с традиционными системами отопления (конвективными, воздушными и др.) [1]. Во многих случаях использование лучистых систем отопления является более энергоэффективным решением для отопления крупнообъемных производственных помещений. Однако следует отметить, что действующие нормативные документы в области отопления не учитывают особенности работы таких систем – они получили недостаточно широкое распространение на данный момент.

Для подробного исследования методов обоснования энергоэффективности активных систем обеспечения параметров микроклимата производственных помещений был проведен анализ определения параметров энергоэффективности на примере склада сухого хранения с административно-бытовой частью ООО «Флайг+Хоммель» в г. Заволжье Нижегородской области [2]. Система отопления данного здания выполнена на базе водяных инфракрасных излучателей марок *Helios 750* и *Flower 125*, представленных на рис. 1, и сконструирована на

основании методик, разработанных коллективом авторов. Общий вид вновь возведенного здания приведен в [1, 2].

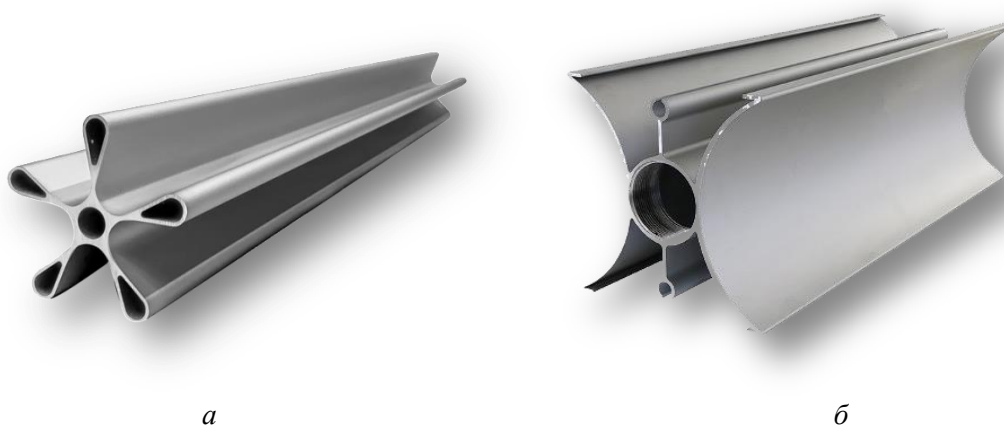


Рис. 1. Общий вид профилей *Flower 125* (а) и *Helios 750* (б)

Температура воздуха в рабочей зоне $t_{в,р}$, °С принимается согласно требованиям ГОСТ [3]. Категория работ по уровню энергозатрат – Пб, следовательно, температура внутреннего воздуха в рабочей зоне принимается в диапазоне $t_{в,р} = 17–19$ °С. Для расчета мощности конвективной системы отопления принимаем $t_{в,р} = 18$ °С. В рабочей зоне производственных помещений, которые оборудованы системой отопления на базе инфракрасных излучателей, допускается понижение температуры внутреннего воздуха $t_{в,р}$ на величину до 4 °С по сравнению со значениями, предусмотренными СП 60.13330.2020 [4]. При определении мощности лучистой системы отопления принимаем $t'_{в,р} = 14$ °С.

Сравнительный анализ конвективной и лучистой систем отопления проведен в табл. 1.

Таблица 1
Сравнительная характеристика конвективной и лучистой систем отопления

Номер параметра	Сравниваемый параметр	Конвективная система отопления	Лучистая система отопления
1	Температура воздуха рабочей зоны $t_{в,р}$, °С	18	14
2	Требуемое сопротивление теплопередаче стены $R_0^{тр ст}$, м ² ·°С/Вт	1,915	1,748
3	Требуемое сопротивление теплопередаче покрытия $R_0^{тр покр}$, м ² ·°С/Вт	2,644	2,435
4	Сопротивление теплопередаче дверей и ворот $R_0^{тр дв}$, м ² ·°С/Вт	0,473	0,433
5	Требуемая мощность системы отопления, $Q_{от}$, Вт	271559	261942



Затраты теплоизоляции $K_{\text{ут}}$, руб., вычисляются по формуле [3]:

$$K_{\text{ут}} = C_{\text{ут}} V_{\text{ут}}, \text{ руб.}, \quad (1)$$

где $C_{\text{ут}}$ – удельная стоимость тепловой изоляции с работами по его установке (в деле), руб./м³.

Ее значения на стадии разработки ТЭО или бизнес-плана проекта принимаются по справочным данным; $V_{\text{ут}}$ – суммарный объем тепловой изоляции в ограждающих конструкциях здания, м³. Его можно определить по выражению [5]:

$$V_{\text{ти}} \approx 0,8 \sum (\lambda_{\text{ут}} R_i A_i / r_i), \text{ руб.} \quad (2)$$

где $\lambda_{\text{ут}}$ – теплопроводность используемой тепловой изоляции, Вт/(м·°C), принимается по данным производителя;

r_i – коэффициент теплотехнической однородности соответствующего ограждения; A_i и R_i – площадь, м² и сопротивление теплопередаче, м²·°C/Вт, ограждающих конструкций, подлежащих тепловой изоляции: наружных стен, перекрытия над неотапливаемым подвалом или техническим подпольем, пола по грунту, чердачного перекрытия или покрытия и др.

Значения A_i , принимаются по архитектурно-строительным чертежам, R_i – по нормативным документам.

Результаты расчета капитальных затрат на обустройство тепловой изоляции приведены в табл. 2.

Таблица 2

Капитальные затраты на устройство теплоизоляции для помещения, оборудованного конвективной и лучистой системами отопления

Тип утепля- емого ограждения	$\lambda_{\text{ут}},$ Вт/(м·°C)	$R_i,$ (м ² ·°C)/Вт	$\delta_i, \text{ м}$	$A_i, \text{ м}^2$	r_i	$V_{\text{ут}}, \text{ м}^3$	$C_{\text{ут}},$ руб./м ³	$K_{\text{ут}},$ руб.
Конвективное отопление								
Стены	0,041	1,915	0,079	2484	0,70	222,89	8 000	5 086 809
Покрытие	0,046	2,644	0,122	4032	0,95	412,96		
$\Sigma V_{\text{ти}}, \text{ м}^3$						635,85		
Лучистое отопление								
Стены	0,041	1,748	0,072	2484	0,70	203,46	8 000	4 670 163
Покрытие	0,046	2,435	0,112	4032	0,95	380,32		
$\Sigma V_{\text{ти}}, \text{ м}^3$						583,77		

На стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) затраты тепловой энергии в отопительный период при известной мощности системы отопления $\Sigma Q_{\text{от}}$, кВт, определяются по зависимости [5]:

$$\mathcal{E}_{\text{т.от}} = 0,0864 \cdot \frac{\Sigma Q_{\text{от}}}{4,19 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})} \cdot \text{ГСОП} \cdot C_{\text{т}}, \text{ руб./год}, \quad (3)$$

где $0,0864 = 86\,400 \cdot 10^{-6}$, 86 400 – число секунд в сутках;



C_T – стоимость тепловой энергии, руб./Гкал; для г. Заволжье принято значение 1467,3 руб./Гкал (без НДС).

Для конвективной системы отопления:

$$\mathcal{E}_{\text{т.от}}^{\text{к}} = 0,0864 \cdot \frac{271,559}{4,19 \cdot (18 - (-30))} \cdot 4577,1 \cdot 1467,3 = 783486 \text{ руб./год.}$$

Для лучистой системы отопления:

$$\mathcal{E}_{\text{т.от}}^{\text{л}} = 0,0864 \cdot \frac{261,942}{4,19 \cdot (14 - (-30))} \cdot 3741,1 \cdot 1467,3 = 673862 \text{ руб./год.}$$

Совокупные дисконтированные затраты СДЗ, приведенные к концу расчетного срока (10 лет), определяются по следующей формуле:

$$\text{СДЗ} = K \cdot (1 + p/100)^T + \sum_{i=1}^T \mathcal{E}_i \cdot (1 + p/100)^i, \text{ руб.}, \quad (4)$$

где K – капитальные единовременные затраты, руб., \mathcal{E}_i – суммарные годовые эксплуатационные затраты за i -й год, руб./год; p – норма дисконта, %.

В расчетах норму дисконта принимать на уровне не ниже ставки рефинансирования ЦБ РФ, которая на конец 2023 года равна 16 %.

Результаты расчета по формуле (4) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение технико-экономических показателей

Тип системы	$K \cdot (1 + p/100)^T$, руб.	$\sum_{i=1}^T \mathcal{E}_i \cdot (1 + p/100)^i$, руб.	СДЗ, руб.
Конвективное отопление	22 440 129	19 377 894	41 818 022
Лучистое отопление	20 602 122	16 666 562	37 268 685
Разница, руб.			4 549 337
Разница, %			10,88

Таким образом, можно сделать вывод, что с использованием лучистой системы отопления вместо традиционной конвективной можно получить преимущество по совокупным дисконтированным затратам за 10 лет в 4,5 млн руб. или 10,88 %, или 1137 руб./м².

Обоснование экономической эффективности использования систем лучистого отопления на основе возобновляемых источников энергии в отопительный сезон может быть проведено с использованием общепринятой методологии, утвержденной Госстроем РФ [6]. Методика используется представителями ресурсоснабжающих организаций для расчета нормативного расхода тепловой энергии на нужды отопления. Данный расчет может быть обоснованием для заключения энергосервисного контракта.

Тепловой поток на отопление здания может быть определен по формуле укрупненных расчетов [6]:

$$Q_{\text{от max}} = a \cdot q_o \cdot V_n \cdot (t_b - t_o) \cdot k_{\text{пт}} \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (5)$$



где a – поправочный коэффициент, учитывающий район строительства здания [6];
 q_o – удельная отопительная характеристика здания, Вт/(м³·°C) [6];
 V_n – объем здания по наружному обмеру выше отметки ±0,000, м³;
 $k_{пт}$ – повышающий коэффициент для учета потерь теплоты теплопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях [6];
 t_b – средняя расчетная температура внутреннего воздуха, °C;
 t_o – расчетная температура наружного воздуха для проектирования, °C.

Для конвективной системы отопления:

$$Q_{o\max}^k = 0,98 \cdot 0,44 \cdot 36288 \cdot (18 - (-30)) \cdot 1,05 = 788628 \text{ Вт.}$$

Для лучистой системы отопления:

$$Q_{o\max}^l = 0,98 \cdot 0,44 \cdot 36288 \cdot (14 - (-30)) \cdot 1,05 = 722909 \text{ Вт.}$$

Величина нормативного потребления тепловой энергии на нужды отопления Q_o , Гкал, определяется по формуле [6]:

$$Q_o = Q_{o\max} \frac{(t_b - t_{ср.ф})}{(t_b - t_o)} \cdot z \cdot 24, \text{ Гкал,} \quad (6)$$

где $t_{ср.ф}$ – средняя температура наружного воздуха за период, °C;
 z – продолжительность работы системы отопления за период, сут.;
 24 – продолжительность работы системы отопления в сутки, ч.

В первую очередь проводится расчет нормативного потребления теплоты на нужды отопления по месяцам со средней суточной температурой наружного воздуха менее +8 °C [7]. Во вторую очередь проводится расчет отдельно для рабочего, дежурного и переходного режимов. Результаты расчетов приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Продолжительность режимов работы системы отопления

Режим	Примечание	Продолжительность работы в сутки, ч	t_b , °C
Рабочий режим	Лучистое отопление	10	14
	Конвективное отопление	10	18
Дежурный режим	Лучистое отопление	13	10
	Конвективное отопление	11	14
Переходный режим	Лучистое отопление	1	14
	Конвективное отопление	3	18

Анализ годового нормативного потребления тепловой энергии показал, что при использовании лучистого отопления можно достичь значения энергосбережения 22,13 %, при использовании режима ожидания в нерабочее время эффект от использования системы лучистого отопления достигнет 27,19 %, а максимальная разница между постоянным режимом работы конвективного отопления и режима работы лучистого отопления с использованием перехода в режим ожидания составит 37,37 %.

В качестве вывода отметим, что на основании проведенного сравнительного анализа по двум различным методикам была доказана экономическая эффективность применения лучистых систем отопления на базе водяных инфракрасных излучателей. По методике определения совокупных



дисконтированных капитальных и эксплуатационных затрат общий эффект от применения лучистой системы отопления на базе водяных инфракрасных излучателей составил 10,88 %. При расчете по методике определения годовых потоков теплоты рассчитанный эффект составил 37,37 %.

Таблица 5

Расчет нормативного потребления теплоты на нужды отопления в отопительный период

Наименование	Примечание	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Окт.	Ноя.	Дек.	Год	Эффект, %
$t_{\text{ср.ф}}, ^\circ\text{C}$	Волжская ГМО*	-8,5	-4,1	-0,4	6,5	7,7	-0,3	-1,6	-	-
Q_o , Гкал	Конвект. отопление	278,53	209,80	193,39	116,97	108,26	186,14	206,01	1299,10	-
	Лучистое отопление	236,49	171,83	151,35	76,29	66,22	145,45	163,96	1011,59	22,13
$z_{\text{р.р}}$, ч	Конвект. отопление	170	200	200	220	230	200	220	1440	-
	Лучистое отопление	170	200	200	220	230	200	220	1440	
$z_{\text{д.р}}$, ч	Конвект. отопление	557	452	524	478	491	500	502	3504	-
	Лучистое отопление	523	412	484	434	445	460	458	3216	
$z_{\text{п.р}}$, ч	Конвект. отопление	17	20	20	22	23	20	22	144	-
	Лучистое отопление	51	60	60	66	69	60	66	432	
$Q_{o \text{ р.р}}$, Гкал	Конвект. отопление	63,64	62,44	51,99	35,74	33,47	51,70	60,92	359,90	22,61
	Лучистое отопление	54,04	51,14	40,69	23,31	20,47	40,40	48,48	278,53	
$Q_{o \text{ д.р}}$, Гкал	Конвект. отопление	166,24	105,35	98,46	45,98	39,61	92,93	100,93	649,50	21,91
	Лучистое отопление	145,57	90,03	76,99	23,63	15,95	72,75	82,26	507,20	
$Q_{o \text{ п.р}}$, Гкал	Конвект. отопление	19,09	18,73	15,60	10,72	10,04	15,51	18,27	107,97	74,21
	Лучистое отопление	5,40	5,11	4,07	2,33	2,05	4,04	4,85	27,85	
$Q_{o \text{ смеш}}$, Гкал	Конвект. отопление	248,97	186,52	166,04	92,45	83,11	160,14	180,13	1117,37	27,19
	Лучистое отопление	205,01	146,29	121,74	49,28	38,47	117,20	135,60	813,58	

Примечание: *гидрометеорологическая обсерватория, расположена в г. Гордце (Нижегородская обл.); $z_{\text{р.р}}$ – продолжительность рабочего режима, ч; $z_{\text{д.р}}$ – продолжительность дежурного режима, ч; $z_{\text{п.р}}$ – продолжительность переходного режима, ч; $Q_{o \text{ р.р}}$ – потребление тепловой энергии в рабочем режиме, Гкал; $Q_{o \text{ д.р}}$ – потребление тепловой энергии в дежурном режиме, Гкал; $Q_{o \text{ п.р}}$ – потребление тепловой энергии в переходном режиме, Гкал; $Q_{o \text{ смеш}}$ – потребление тепловой энергии в смешанном режиме, Гкал



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бодров, М. В. 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 // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – № 2. – С. 160–167.
2. Бодров, М. В. Повышение энергоэффективности пассивных систем обеспечения параметров микроклимата в производственных помещениях / М. В. Бодров, А. А. Смыков, А. Ф. Юланова, А. Е. Руин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 4 (60). – С. 84-89.
3. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.88 N 3388 : дата введения 1989-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 95 с. – Текст : непосредственный.
4. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. N 921/пр. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 25 с. – Текст : непосредственный.
5. Самарин, О. Д. Вопросы экономики в обеспечении микроклимата зданий / О. Д. Самарин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : АСВ, 2015. – 136 с. – ISBN 978-5-93093-843-2. – Текст : непосредственный.
6. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку теплоты отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий. – Москва : АКХ им. К. Д. Памфилова, 2002. – 128 с. – Текст : непосредственный.
7. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2020 г. N 859/пр : дата введения 25 июня 2021 г. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 110 с. – Текст : непосредственный.

BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of heating and ventilation; MOROZOV Maksim Sergeevich, senior teacher of the chair of heating and ventilation; SMYKOV Aleksandr Anatolevich, candidate of technical sciences, senior teacher of the chair of heating and ventilation

JUSTIFICATION OF ENERGY EFFICIENCY OF ACTIVE SYSTEMS FOR PROVIDING MICROCLIMATE PARAMETERS IN PRODUCTION PREMISES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Тел.: + 7 (831) 430-54-85;
e-mail: tes84@inbox.ru

Key words: heating; radiant heating; water heating; infrared radiation; emitter; energy efficiency; energy saving; economic justification.

An analysis was carried out to determine the energy efficiency parameters of active systems for ensuring microclimate parameters using the example of the use of radiant heating systems in a large-scale industrial building.



REFERENCES

1. Bodrov M. V., Kuznetsov D. A., Smykov A. A., Ruin A. E. Issledovanie teplotekhnicheskikh kharakteristik vodyanykh infrakrasnykh izluchateley dlya energoeffektivnykh sistem luchistogo otopleniya [Investigation of the thermal characteristics of water infrared radiators for energy-efficient radiant heating systems] // Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and Construction]. – 2023. – № 2. – P. 160–167.
2. Bodrov M. V., Smykov A. A., Yulanova A. F., Ruin A. E. Povyshenie energoeffektivnosti passivnykh sistem obespecheniya parametrov mikroklimata v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh [Improving the energy efficiency of passive systems for providing microclimate parameters in industrial premises] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2021. – № 4 (60). – P. 84–89.
3. GOST 12.1.005-88. Obschie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozdukhу rabochey zony [General sanitary and hygienic requirements for the air of the working area] : utverzhd. i vved. v deystvie Postanovleniem Gos. komiteta SSSR po standartam ot 29.09.88 N 3388 : data vved. 1989-01-01. – Moskva : Standartinform, 2008. – 95 p.
4. SP 60.13330.2020 Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha [Heating, ventilation and air conditioning] : utverzhd. Prikazom Min-va stroit. i zhilishchno-kommun. khozyaystva RF ot 30 dekabrya 2020 g. N 921/pr. – Moskva : Standartinform, 2021. – 25 p.
5. Samarin O. D. Voprosy ekonomiki v obespechenii mikroklimata zdaniy [Economic issues in ensuring the microclimate of buildings]. 2-e izd., pererab. i dop. – Moscow : ASV, 2015. – 136 p. – ISBN 978-5-93093-843-2.
6. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu raskhodov topliva, elektroenergii i vody na vyrobotku teploty otopitelnymi kotelnymi kommunalnykh teploenergeticheskikh predpriyatiy [Methodological guidelines for determining the consumption of fuel, electricity and water for heat generation by heating boilers of municipal thermal power plants]. – Moscow : AKKh im. K. D. Pamfilova, 2002. – 128 p.
7. SP 131.13330.2020. Stroitel'naya klimatologiya [Building climatology] : svod pravil : utverzhd. Prikazom Min-va stroit. i zhilishchno-kommun. khozyaystva RF ot 24 dekabrya 2020 g. N 859/pr : data vved. 25 iyunya 2021 g. – Moscow : Standartinform, 2021. – 110 p.

© М. В. Бодров, М. С. Морозов, А. А. Смыков, 2024

Получено: 03.04.2024 г.



УДК 628.8:631.22

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АРХИТЕКТУРНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

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

Ключевые слова: энергосбережение, производственные сельскохозяйственные здания, освещенность, расчетные параметры микроклимата.

Рассмотрены основы формирования эффективных архитектурных и инженерных технологических решений по управлению расчетными параметрами микроклимата помещений содержания крупного рогатого скота и свиноводства. Приведены основы анализа освещенности, температурно-влажностного режима на продуктивность животных и эксплуатационные характеристики животноводческих комплексов.

Повышение продовольственной безопасности является одной из приоритетных задач в нашей стране. Экономический подход к вопросам повышения продуктивности животных (крупного рогатого скота (КРС), свиней и др.) включает в себя снижение показателей энергоемкости систем кондиционирования микроклимата производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений. Снижение энергопотребления и повышение экономичности и экологической безопасности систем обеспечения микроклимата животноводческих зданий, включающих пассивные и активные элементы, возможно только при совместном решении двух взаимосвязанных моделей: архитектурно-планировочной и инженерно-технологической.

Снижение продуктивности животных во времени является аддитивным и кумулятивным эффектами, оцениваемыми обобщенными показателями, комплексно учитывающими основные факторы повышения продуктивности животных (коэффициент эффективности содержания животных $\eta_{\text{ж}}$). По физическому смыслу коэффициент $\eta_{\text{ж}}$ аналогичен коэффициентам обеспеченности $K_{\text{об}}$, используемым в строительной теплофизике и строительной климатологии. Они показывают долю допустимых вероятностных отклонений каких-либо параметров, событий от расчетных и характеризуют выдерживание во времени допустимых параметров.

Авторами в технической и специальной литературе не обнаружено систематизированных, научно обоснованных количественных закономерностей взаимосвязи продуктивности животных от объемно-планировочных и конструктивных решений комплексов (пассивных элементов систем обеспечения параметров микроклимата (СОМ) $\eta^{\text{А}}$) и от конкретных отклонений работы систем обеспечения микроклимата от оптимальных или допустимых параметров (активных элементов СОМ $\eta^{\text{Е}}$). Приводятся лишь конкретные примеры, из

которых трудно выявить значения мастерства архитекторов η^A и инженеров η^E , например, [1].

Практически все исследования по снижению энергоемкости и поддержанию параметров микроклимата указывают на необходимость уменьшения теплового контура здания, сопровождающееся снижением потерь трансмиссионной теплоты. Это положение согласуется с многолетними исследованиями ученых научной школы Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета под руководством д-ра техн. наук, проф. В. И. Бодрова (1941–2020 гг.) [2, 3, 4]. В настоящей статье приводится полученная авторами количественная оценка влияния объемно-планировочных и конструктивных решений зданий на продуктивность животных и энергоемкость СОМ.

Снижение освещенности влияет на животных успокаивающе, сокращает их двигательную активность и потребление корма. Для КРС существуют более низкие требования к освещенности, которые составляют лишь 20–50 % уровня освещенности для людей [5]. Поэтому неоправданным технологическим решением является избыточная естественная освещенность животноводческих типовых помещений, в которых окна достигают 30–40 % площади наружных стен.

Организация естественного освещения животноводческих помещений имеет исключительно важное значение не только по физическому влиянию освещения и солнечной инсоляции на продуктивность скота, но и чисто по экономическим соображениям. Нельзя ограничиваться оценкой остекления только с архитектурной точки зрения, т. к. тепловой, световой и инсоляционные режимы микроклимата помещений тесно взаимосвязаны между собой. Повышение уровня освещенности за счет увеличения площади остекления приводит к значительному увеличению потерь теплоты в холодный период года и увеличению теплоступлений в теплый период, что сопровождается увеличением эксплуатационных затрат.

Следует отметить, что остекление окон, обращенных на солнечную сторону, в зимнее время покрыто, как правило, с внутренней стороны конденсатом и льдом, а окон, обращенных на северную сторону, малопрозрачной снежной изморозью толщиной 5–10 мм. Поэтому окна, обращенные на север, обладают очень низкой светоактивностью.

Эффективность естественного освещения определяется временем его использования в течение года. По графикам наружной освещенности горизонтальной поверхности диффузным светом неба и наружной критической освещенности $E_{кр}$, т. е. освещенности в момент включения или выключения искусственного света, можно определить время использования естественного света.

Критическая освещенность определяется из выражения:

$$E_{кр} = E_{иск} \frac{100}{e_{нор}}, \quad (1)$$

где $E_{иск}$ – нормированная искусственная освещенность помещения, лк; $e_{нор}$ – нормированное значение коэффициента естественного освещения, %.

Для основных стойловых помещений критическая наружная освещенность составляет 5000–12500 лк [6]. Действительная внутренняя освещенность $e_{вн}$ будет ниже нормируемой, что требует в данные месяцы круглосуточного использования искусственного освещения даже при 100 % светопропускании остекления. Действительная продолжительность использования естественного освещения в



помещениях не обеспечивает зоогигиенические требования на уровне 100 лк для взрослого молодняка на откорме в течение 6–8 ч, лактирующих коров – 16–18 ч, телят и ремонтного молодняка – 14–16 ч в сутки [7]. Однако в зимний период содержания продолжительность светового дня не обеспечивает эти требования, что вызывает необходимость практически круглосуточного использования искусственного освещения, а энергетические затраты, как правило, превышают результаты возможного повышения продуктивности скота.

Требуемая естественная освещенность может быть обеспечена только через зенитные светопроемы в плоскости покрытия. Однако в климатических условиях России в животноводческих зданиях с их влажным режимом использование зенитных светопроемов не всегда допустимо из-за низких теплозащитных характеристик, не исключающих образование конденсата на внутренних поверхностях остекления.

Практический интерес представляет анализ ориентации животноводческих зданий с учетом использования естественного света и солнечной инсоляции. Необходимо объемно-планировочными средствами способствовать наибольшей положительности качеств инсоляции и устранению отрицательных ее действий. Для зданий содержания КРС и свиней отсутствуют нормативные требования к инсоляции. Минимум инсоляции, который обеспечивал бы санитарно-гигиенические условия труда рабочих и высокую продуктивность животных, можно нормировать только по условиям, исключающим перегрев помещений в летнее время (при круглогодичном привязном содержании) и обеспечивающим максимальную инсоляцию в зимнее время.

В летнее время наименьшая инсоляция по продолжительности и теплопоступлениям получается при широтной ориентации, т. е. при расположении оси здания по направлению З–В. Сравнимой с широтной по продолжительности и теплопоступлениям от инсоляции является диагональная ориентация СВ–ЮЗ или СЗ–ЮВ. В зимнее время наибольшая инсоляция по продолжительности и теплопоступлениям получается при широтной и диагональной ориентации зданий.

Ориентация зданий для содержания свиней по сторонам света, как правило, меридиальная (продольная ось с севера на юг). Допускаются отклонения в северных широтах до 30°, в южных – до 45°. В пунктах южнее широты 50° разрешается любая ориентация.

На долговечность наружных ограждений (влаго-, морозо-, термостойкость и стойкость против коррозии) большое влияние оказывают специфические особенности микроклимата животноводческих помещений. При высоких значениях влажности внутреннего воздуха как на внутренних поверхностях, так и в толще ограждений, выпадает конденсат, который впитывается материалом. После насыщения ограждений влагой конденсат продолжительное время сохраняется на их внутренней поверхности. Ограждения, имеющие плотные фактурные слои, за лето не просыхают до равновесной влажности и остаются на зиму переувлажненными. Поэтому влажность материалов ограждений животноводческих зданий в 1,5–2 раза превышает норму. По результатам натурных обследований [7], влажность стен из ячеистых и легких бетонов к концу зимы достигает соответственно 24–30 % и 15–19 %, кирпичных стен – 27,8 %. Это ведет в условиях знакопеременных температурных воздействий к резкому снижению морозостойкости и общей долговечности конструкций [6]. Как



правило, наибольшие разрушения наблюдаются во внутреннем фактурно-защитном слое ограждений: трещины, отслаивание, шелушение и т. п.

Отрицательное влияние загазованности животноводческих помещений на продуктивность животных, бесспорно. Однако недостаточно изученным является фактор влияния агрессивных газов (углекислый газ, хлор, сероводород, аммиак) на долговечность ограждающих конструкции. Газы, растворяясь во влаге ограждающих конструкций, образуют водные растворы в виде различных солей. Над этими растворами происходит понижение давления насыщенного пара, что обусловлено осмотическими свойствами растворов. Повышенная разность давлений над раствором и парциальным давлением водяного пара увеличивает поглощение влаги из воздуха. Установлено, что присутствие хлористых солей в ограждающих конструкциях увеличивает их влажность на 5–7 % даже при нормальном влажностном режиме в помещении.

Водяные пары вместе с молекулами хлоропроизводных, проникая внутрь ограждающих конструкций, взаимодействуют с материалами элементов этих конструкций, вызывая коррозию. Коррозия несущих ограждений охватывает как цементную часть бетона, так и металлическую часть конструкций, что приводит к снижению их прочности и долговечности.

Максимальная скорость коррозии возникает при использовании низкоуглеродистой стали. В монографии [2] приведены данные о снижении несущей способности стальной арматуры железобетонной конструкции и балки двутаврового сечения при температуре 32 °С с учетом факторов газового режима животноводческих помещений в результате коррозии. Очевидно, при применении низкоуглеродистой стали уже через 5–7 лет наступает аварийное состояние несущей способности ограждения, а даже открыто расположенные металлические конструкции из стали Ст3сп, содержащие 0,15–0,22 % углерода, более долговечны и надежны. Полученные данные говорят о необходимости учета качества стали, применяемой для арматуры или металлических конструкций наружных ограждений в животноводческих зданиях с агрессивной газовой средой.

Промышленные условия содержания КРС нарушают естественный стереотип содержания животных. Значительная концентрация животных на ограниченной площади вызывает в их организме реакции адаптации к новым условиям жизнедеятельности, сопровождающиеся дополнительными расходами внутренней энергии, снижением продуктивности и прироста массы, увеличением заболеваемости или даже падежом. Из-за действия стресс-факторов продуктивность животных снижается на 15–20 %, а затраты кормов на единицу продуктивности возрастают на 25–30 % [2]. Поэтому мастерство архитекторов должно базироваться не только на достижениях «профессиональной» архитектуры, но и учитывать опыт «народной архитектуры» при проектировании технико-биологической системы содержания животных, учитывать физиологические и биологические потребности животных.

Мастерство инженеров (η^E) при поддержании допустимых параметров микроклимата оказывает непосредственное влияние на продуктивность животных. Процесс акклиматизации животных сопровождается следующими реакциями по поддержанию температурного равновесия организма: механизмом терморегуляции (теплообразования, теплоотдачи); ускорением обмена веществ; морфологическими изменениями. Домашние животные легче переносят низкие



температуры, чем высокие, что необходимо учитывать в процессе эксплуатации коровников и свинарников.

При низких температурах прием кормов увеличивается, а при высоких температурах снижению удоев предшествует снижение потребления кормов, т. е. при низких температурах необходимо дополнительное кормление животных, несмотря на то, что продуктивность их все же снижается, однако, степень снижения продуктивности КРС в зависимости от значения отрицательной температуры воздуха не выявлена [2]. Отмеченные противоречия влияния низких температур объясняются различной продуктивностью животных, уровнем и качеством их кормления, и способностью к акклиматизации.

Различают два диапазона температур содержания животных: оптимальный и продуктивный. При диапазоне оптимальных температур животные при минимальных затратах кормов и благоприятной теплоотдаче дают максимум продукции. Продуктивным является такой диапазон температур, нарушение которого вызывает снижение продуктивности без ухудшения здоровья животных. Значения температур воздуха в этом диапазоне определяются по тем же зависимостям, что и для оптимального диапазона [2, 4].

Высокая относительная влажность воздуха ϕ_v в сочетании с низкой температурой t_v очень вредна для КРС. Отмечается, что при низких значениях t_v и высокой ϕ_v молочная продуктивность коров снижается на 8...13 %, жирность молока – на 0,3 %. Наиболее отрицательное воздействие оказывает относительная влажность воздуха выше 85 % [8].

В заключение по выполненным исследованиям отметим, что проведенные авторами теплофизические и аэродинамические исследования показали, что без заметного снижения продуктивности в помещениях содержания животных параметры внутреннего воздуха имеется возможность поддерживать только за счет естественных источников энергии: биологической теплоты животных и естественных систем вентиляции. Обязательным условием стабилизации параметров микроклимата в течение года является грамотная эксплуатация систем жизнеобеспечения коровников и свинарников. Эксплуатационные затраты при этом не повышаются, но требуются определенные профессиональные навыки обслуживающего персонала по соблюдению технологических регламентов содержания и выращивания животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голосов, И. М. Микроклимат животноводческих ферм / И. М. Голосов. – Ленинград : Лениздат, 1974. – 120 с. – Текст : непосредственный.
2. Бодров, М. В. Отопление и вентиляция животноводческих и птицеводческих помещений : монография / М. В. Бодров ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2012. – 145 с. – ISBN 978-5-87941-824-8. – Текст : непосредственный.
3. Бодров, М. В. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий / М. В. Бодров, В. И. Бодров, М. Н. Кучеренко ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2008. – 623 с. – ISBN 978-5-87941-526-1. – Текст : непосредственный.
4. Бодров, В. И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха производственных зданий сельхозназначения / В. И. Бодров, Л. М. Махов, Е. В. Троицкая. – Москва : АСВ, 2014. – 237 с. – ISBN 978-5-4323-0025-6. – Текст : непосредственный.



5. Аликаев, В. А. Зоогигиена / В. А. Аликаев, В. Ф. Костюнина. – Москва : Колос, 1983. – 239 с. – Текст : непосредственный.
6. Валов, В. М. Энергосберегающие животноводческие здания (Физико-технические основы проектирования) / В. М. Валов. – Москва : АСВ, 1997. – 310 с. – ISBN 5-87829-027-8. – Текст : непосредственный.
7. Юрков, В. М. Влияние света на продуктивность животных / В. М. Юрков. – Москва : Россельхозиздат, 1980. – 125 с. – Текст : непосредственный.
8. Бодров, М. В. Обеспечение теплоустойчивости животноводческих помещений / М. В. Бодров, А. Е. Руин, А. Ф. Юланова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 3. – С. 73–79.

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

THE EFFECTIVENESS OF ARCHITECTURAL AND ENGINEERING SOLUTIONS FOR MICROCLIMATE PARAMETER MANAGEMENT OF LIVESTOCK PREMISES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-85;
e-mail: tes84@mail.ru

Key words: energy saving, industrial agricultural buildings, illumination, calculated microclimate parameters.

The fundamentals of the formation of effective architectural and engineering technological solutions for managing the calculated parameters of the microclimate of premises for cattle and pig breeding are considered. The bases of the analysis of illumination, temperature and humidity conditions on animal productivity and operational characteristics of livestock complexes are given.

REFERENCES

1. Golosov I. M. Mikroklimat zhivotnovodcheskikh ferm [Microclimate of livestock farms]. Leningrad: Lenizdat, 1974. – 120 p.
2. Bodrov M. V. Otoplenie i ventilyatsiya zhivotnovodcheskikh i ptitsevodcheskikh pomeshcheniy [Heating and ventilation of livestock and poultry facilities] : monografiya. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2012. – 145 p. – ISBN 978-5-87941-824-8.
3. Bodrov M. V., Bodrov V. I., Kucherenko M. N. Mikroklimat proizvodstvennykh selskokhozyaystvennykh zdaniy [Microclimate of industrial agricultural buildings]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2008. – 623 p. – ISBN 978-5-87941-526-1.
4. Bodrov V. I., Makhov L. M., Troitskaya E. V. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha proizvodstvennykh zdaniy selkhoznaзначeniya [Heating, ventilation and air conditioning of industrial buildings for agricultural purposes]. Moscow, ASV, 2014. – 237 p. – ISBN 978-5-4323-0025-6.
5. Alikaev V. A, Kostyunina V. F. Zoogigiena [Zoohygiene]. Moscow, Kolos, 1983. – 239 p.



6. Valov V. M. Energoberegayushchie zhivotnovodcheskie zdaniya (Fiziko-tekhnicheskie osnovy proektirovaniya) [Energy-saving livestock buildings (Physical and technical fundamentals of design)]. Moscow, ASV, 1997. – 310 p. – ISBN 5-87829-027-8.

7. Yurkov V. M. Vliyanie sveta na produktivnost zhivotnykh [The influence of light on animal productivity]. Moscow, Rosselkhozizdat, 1980. – 125 p.

8. Bodrov M. V., Ruin A. E., Yulanova A. F. Obespechenie teploustoychivosti zhivotnovodcheskikh pomeshcheniy [Ensuring the thermal stability of livestock premises]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023. № 3. P. 73–79.

© М. В. Бодров, А. Ф. Юланова, А. Е. Руин, 2024

Получено: 03.04.2024 г.



УДК 628.8.02

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

АСПЕКТЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ПЕРИОД МЕЖДУ ТЕПЛЫМ И ПЕРЕХОДНЫМ ПЕРИОДАМИ ГОДА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; эл. почта: gumarov@yandex.ru

Ключевые слова: теплофизика, микроклимат, климат, теплый и переходный периоды года.

Представлен анализ температуры наружного воздуха в период между теплым и переходным периодами года, и его влияние на самочувствие людей в жилых и общественных зданиях.

В последние годы отмечается, что теплый период летних месяцев переходит в сентябрьские дни с резким понижением температуры наружного воздуха в центральной части Российской Федерации и в частности в г. Москве. К сентябрю продолжительность светового дня снижается по отношению к июню более чем на 3 часа, что приводит к снижению поступлений теплоты от солнечной радиации и, как следствие, в совокупности с циркуляцией воздушных масс в атмосфере происходит понижение температуры наружного воздуха: ночи становятся длиннее, при безоблачном небе выхолаживаются воздух и поверхности зданий и территория, теплый воздух из южных широт поступает все меньше и реже, а из северных широт холодный воздух поступает все активнее. За летние месяцы люди постепенно привыкают к повышенным температурам, система терморегуляции организма человека постепенно приспосабливается к теплым и даже жарким дням. Здания прогреваются как за счет теплоты от наружного воздуха и солнечной радиации, так и от внутренних тепловых поступлений. Охлаждение помещений в летнее время года применяется с каждым годом все активнее, но носит не повсеместный характер. Резкое понижение температуры приводит к необходимости организма человека к перестройке в работе, что приводит к нарушению в системе терморегуляции: люди мерзнут, растет число заболеваний. Как известно, переходный период года определяется среднесуточной температурой около 8°C , в этот период система отопления не работает.

Квартиры в жилых зданиях становятся все больше и больше, количество людей на 1 м^2 жилой площади уменьшается, что с одной стороны хорошо с социальной точки зрения, но большую квартиру трудней прогреть, внутренних тепловых избытков не всегда достаточно для создания благоприятных температурных условий, а применить электрическое отопление не всегда возможно, так как нужна соответствующая электрическая мощность от 6 кВт и более, что можно обеспечить, например, масляными радиаторами, инфракрасными излучателями или тепловым насосом от реверсивной сплит-системы и т. д. Электрическая инфраструктура в РФ не нацелена на повсеместное



применение электрического отопления, а активное его применение грозит электрическим сетям сбоями, отключениями, перегрузками и пр.

За последние 30 лет наружные ограждающие конструкции стали строиться с применением высокоэффективных утеплителей [1, 2], но такие конструкции имеют низкую массивность, что не позволяет накопить днем теплоту и применить ее ночью, а массивные здания с толстыми кирпичными стенами [3, 4] перестали применяться практически повсеместно. Массивные ограждающие конструкции обладают инерционностью и соответственно задерживают процесс охлаждения помещений и в частности в переходный период года [5, 6]. С каждым днем с июня месяца день становится меньше и ночь длиннее, в течение которой выхолаживаются наружные ограждающие конструкции и вместе с ними помещения, что благоприятно человеку летом, когда днем тепло или жарко, но становится не комфортно в сентябре и далее весь переходный период до включения системы отопления. В переходный период внутренние тепловые поступления практически не увеличиваются, что не позволяет подогреть воздух в помещениях жилых зданий. Общественные здания имеют такие же проблемы, в которых становится холодно, и при сидячей офисной работе люди мерзнут и могут заболеть.

Анализ температуры наружного воздуха за 5 лет за август и сентябрь показал, что среднесуточные ее значения изменяются в некотором коридоре температур между 30 и 15 градусами в августе и к диапазону от 18 до 5 градусов в сентябре, показанных на рис. 1.

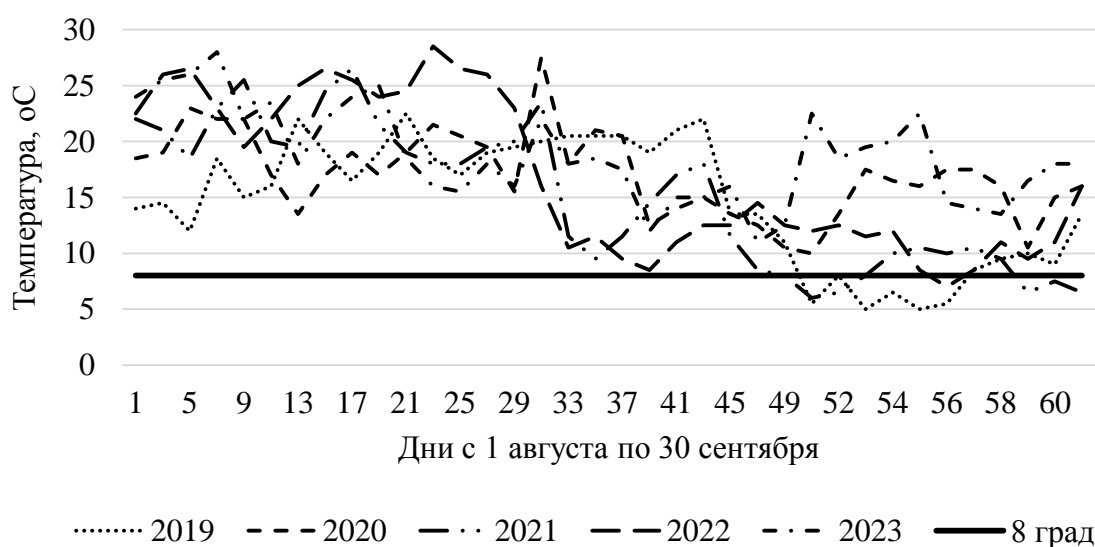


Рис. 1. Изменение температуры наружного воздуха с 1 августа по 30 сентября с 2019 по 2023 годы

На рис. 2 показаны тренды изменения температуры наружного воздуха за период август-сентябрь, на которых видно, что в разные годы неодинаково происходит снижение температуры наружного воздуха. В одни годы мягче происходит снижение температуры наружного воздуха, что позволяет организму человека постепенно перестроиться на осенне-зимний режим жизни, в другие годы происходит резкое снижение температуры с получением дискомфортного

температурного режима в помещениях. Например, за рассмотренные годы наиболее резкое снижение температуры наружного воздуха наблюдалось в 2021 и 2022 годах, а 2020 и 2023 годы осень начиналась при достаточно комфортной температуре.

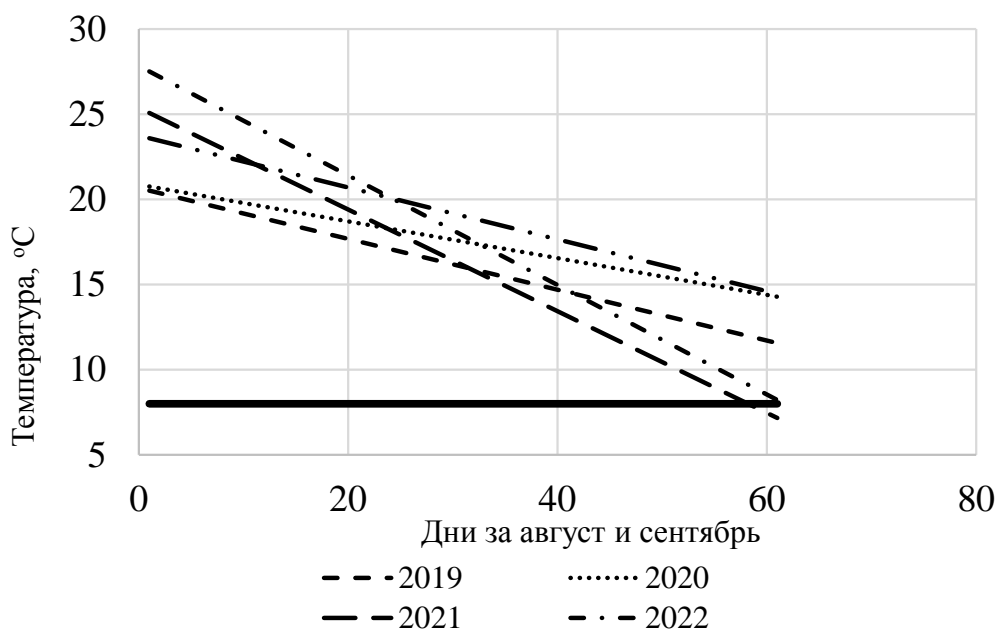


Рис. 2. Тренды изменения температуры наружного воздуха с 1 августа по 30 сентября с 2019 по 2023 годы

Средние значения среднесуточных температур наружного воздуха с 1 августа по 30 сентября находятся в пределах 16–19 °С (минимальное значение 16 °С в 2019 году и максимальное значение 19 °С в 2023 году, рис. 3). Самым теплым из рассматриваемого диапазона лет оказывается 2023 год, а самые холодные 2019 и 2021 годы.

Среднесуточные температуры в период с 1 августа по 31 августа за 2019–2023 годы показаны на рис. 4, где видно, что самый теплый август был в 2022 году, самый условно холодный август был в 2019 году. Диапазон среднесуточных температур за август колебался от 18,2 °С в 2019 году до 24,4 °С в 2022 году.

На рис. 5 показаны среднесуточные температуры в период с 1 по 30 сентября за 2019–2023 годы. Сентябрь характеризуется менее устойчивой погодой, приближая постепенно нас к холодному периоду года. Из рассматриваемого диапазона температур в сентябре за рассматриваемые годы наиболее холодным оказался сентябрь 2021 и 2022 года, где среднесуточная температура за месяц составила соответственно 10,8 °С и 11,2 °С, а самым теплым сентябрем оказался 2023 год, где средняя температура близка к 17,5 °С.

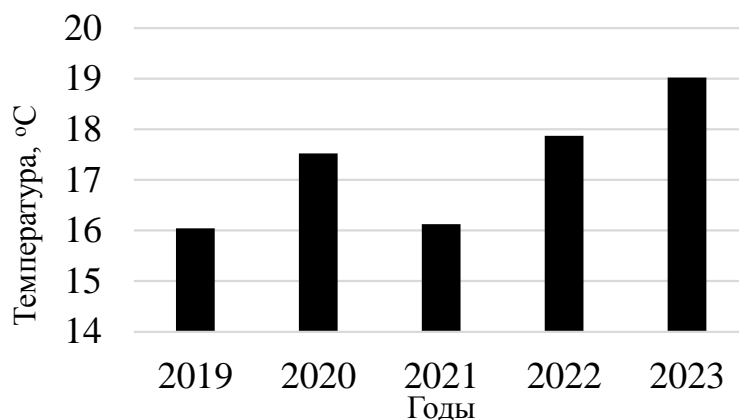


Рис. 3. Средние температуры наружного воздуха с 1 августа по 30 сентября с 2019 по 2023 годы

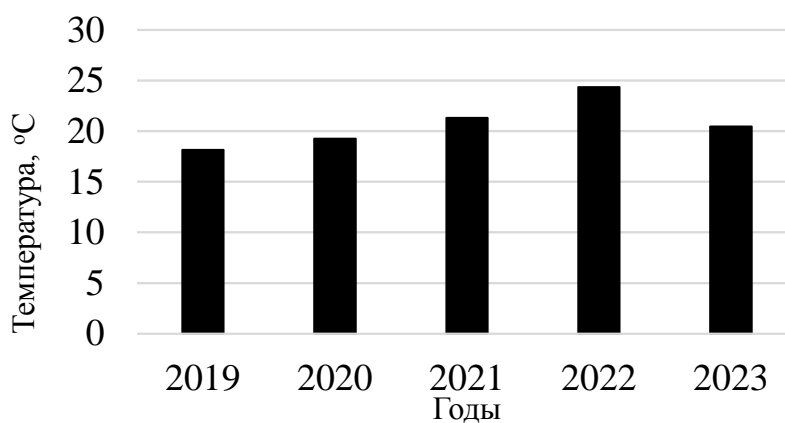


Рис. 4. Средние температуры наружного воздуха с 1 августа по 31 августа с 2019 по 2023 годы

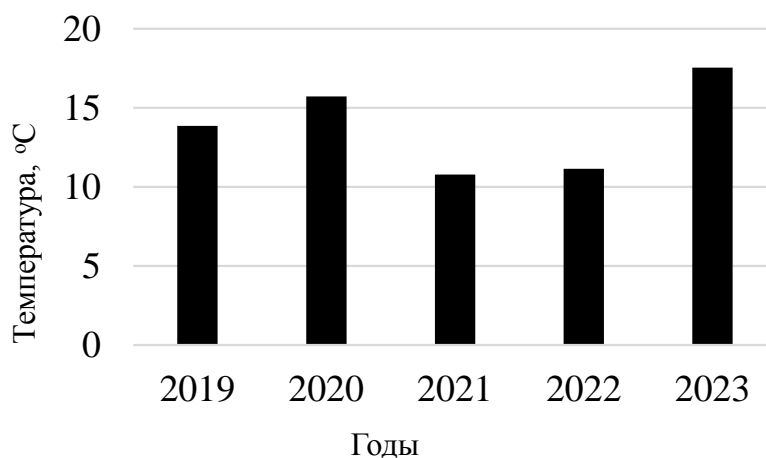


Рис. 5. Средние температуры наружного воздуха с 1 сентября по 30 сентября с 2019 по 2023 годы

На рис. 6 показаны перепады среднесуточной температуры наружного воздуха между августом и сентябрем. Самые большие перепады наблюдались в 2022 году (13,2 °С) и в 2021 году (10,5 °С), они и вызвали всплеск заболеваемости ОРВИ после летних отпусков и каникул.

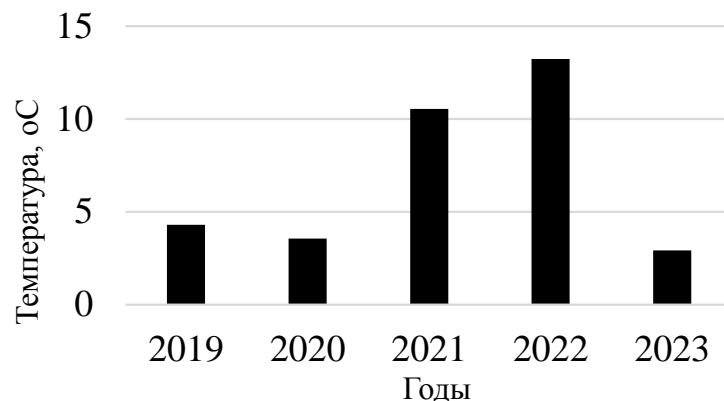


Рис. 6. Разница между среднесуточной температурой за август и за сентябрь с 2019 по 2023 годы

Выводы. Неприятными являются аспекты резкого перепада температуры и длительного состояния среднесуточной температуры наружного воздуха со значениями немного выше 8 °С, что формально разрешает не включать систему отопления, но фактически в помещениях жилых и общественных зданиях становится холодно, люди болеют, и работоспособность снижается. Такой период осенью может продолжаться в сентябре, октябре и даже в ноябре, что требует пересмотра норм, при которых включается отопление. К сожалению, в Российской Федерации далеко не все многоквартирные дома оснащены поквартирными системами отопления, что затрудняет подогрев помещений в переходный период года. Возможно необходимо включать отопление в переходный период года не на постоянную основу, а, например, вечером и ночью, и не во всех комнатах квартиры, а в помещениях общественного здания утром в начале рабочего дня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Повышение тепловой защиты серийных многоквартирных жилых домов из трехслойных панелей при проведении капитального ремонта / М. В. Бодров, В. И. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 4. – С. 40–47.
2. Бодров, М. В. К вопросу повышения энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата жилых домов при проведении капитального ремонта / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 2. – С. 36–41.
3. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика : (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : учебник для вузов / В. Н. Богословский. – Изд. 3-е. – Санкт-Петербург : АВОК Северо-Запад, 2006. – 400 с. :



ил. – (Инженерные системы зданий). – 2006. – 400 с. – ISBN 5-902146-10-0. – Текст : непосредственный.

4. Рымаров, А. Г. Анализ тепловой массивности и теплопередачи наружных стен здания / А. Г. Рымаров. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021 : сборник докладов Второй Национальной научной конференции / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – Москва, 2022. – С. 984–989.

5. Рымаров, А. Г. Особенности расчета теплового режима здания с массивными ограждающими конструкциями в холодный период года / А. Г. Рымаров, К. И. Лушин. Текст : электронный // Наука. Строительство. Образование : научно-практический интернет-журнал / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – 2012. – № 2. – 5 с. – URL: <https://www.nso-journal.ru/index.php/index/index>.

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

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

ASPECTS OF THE OUTDOOR AIR TEMPERATURE REGIME IN THE PERIOD BETWEEN THE WARM AND TRANSITIONAL PERIODS OF THE YEAR

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

26, Yaroslavl'skoe shosse, Moscow, 129337, Russia. Tel. +7 (499) 183-26-92;

e-mail: rymarov@yandex.ru

Key words: thermophysics, microclimate, climate, warm and transitional periods of the year.

The article presents an analysis of the outdoor air temperature in the period between the warm and transitional periods of the year, and its impact on the well-being of people in residential and public buildings.

REFERENCES

1. Bodrov M. V., Bodrov V. I., Kuzin V. Yu., Morozov M. S. Povyshenie teplovoy zashchity seriynykh mnogokvartirnykh zhilykh domov iz tryokhsloynykh paneley pri provedenii kapitalnogo remonta [Improving thermal protection of serial apartment houses of three-layer panels at capital repair]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2018. № 4. P. 40–47.

2. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Morozov M. S. K voprosu povysheniya energeticheskoy effektivnosti sistem obespecheniya mikroklimata zhilykh domov pri provedenii kapitalnogo remonta [To the issue of energy effectiveness enhancement of microclimate support systems of residential houses while conducting capital repair]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2018. № 2. P. 36–41.

3. Bogoslovsky V. N. Stroitel'naya teplofizika : (teplofizicheskie osnovy otopeniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha) [Construction thermophysics : thermal-physical



fundamentals of heating, ventilation and air conditioning] : uchebnik dlya vuzov. – Izd. 3-e. Saint-Petersburg , AVOK Severo-Zapad, 2006. 400 p. : il. (Inzhenernye sistemy zdaniy). – 2006. – 400 p. – ISBN 5-902146-10-0.

4. Rymarov A. G. Analiz teplovoy massivnosti i teploperedachi naruzhnykh sten zdaniya [Analysis of the thermal massiveness and heat transfer of the exterior walls of the building]. Aktualnye problemy stroitelnoy otrasli i obrazovaniya – 2021 [Current problems of the construction industry and education – 2021]. Sbornik докладов Vtoroy Natsionalnoy nauchnoy konferentsii. Natsional. issledov. Moskovsk. gos. stroit. un-t. Moscow, 2022. P. 984–989.

5. Rymarov A. G., Lushin K. I. Osobennosti raschyota teplovogo rezhima zdaniya s massivnymi ograzhdayushchimi konstruktsiyami v kholodny period goda [Features of calculating the thermal regime of a building with massive enclosing structures in the cold season]. Nauka. Stroitelstvo. Obrazovanie [Science. Construction. Education] : nauchno-praktich. internet-zhurnal / Natsional. issledov. Moskovsk. gos. stroit. un-t. 2012. № 2. – 5 p. – URL: <https://www.nso-journal.ru/index.php/index/index>.

6. Rymarov A. G., Titkov D. G. Vliyanie massivnosti okruzhayushchego grunta na teplovoy rezhim podzemnogo kollektora dlya inzhenernykh kommunikatsiy [The influence of the massiveness of the surrounding soil on the thermal regime of an underground collector for engineering communications] // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and technical sciences]. 2015. № 6 (84). – P. 563–564.

© А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков, 2024

Получено: 02.04.2024 г.



УДК 628.853

А. Н. ГВОЗДКОВ, канд. техн. наук, доц., ст. науч. сотрудник

К ВОПРОСУ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И ВЛАГООБМЕНА В СИСТЕМЕ «ВОЗДУХ – LiCl»

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН»
Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21. Тел.: (495) 482-40-76;
эл. почта: angvo@mail.ru

Ключевые слова: хлористый литий, концентрация, тепло- и влагообмен, коэффициент влагообмена.

Рассматриваются особенности реализации процессов тепло- и влагообмена между воздухом и раствором хлористого лития (LiCl) с учетом влияния поверхностной фазы, формирующейся на границе раздела сред. Приведены результаты исследований изменения концентрации раствора в поверхностной фазе в условиях сорбции влаги из воздуха и расчетные зависимости для определения коэффициентов тепло- и влагообмена.

Современные стандарты в области кондиционирования воздуха и вентиляции предъявляют повышенные требования к качеству воздуха в помещениях, снижению уровня выбросов парниковых газов, постепенный отказ от хлорсодержащих хладагентов, а также повышению энергетической эффективности процессов обработки воздуха [1].

В настоящее время разрабатываются новые технологии адсорбционного осушения и охлаждения воздуха на основе использования адсорбентов, в частности, водного раствора хлористого лития ($H_2O/LiCl$), которые могут быть реализованы в системах утилизации теплоты и влаги низкопотенциальных вентиляционных выбросов [2, 3, 4].

Для утилизации теплоты и влаги ВЭР (вторичных энергетических ресурсов) довольно часто применяют системы с промежуточным теплоносителем на базе контактных аппаратов, в которых осуществляются процессы осушки воздуха и регенерации раствора хлористого лития [4, 6, 8].

Основная проблема использования таких систем состоит в накоплении влаги в циркуляционном контуре раствора адсорбента в результате дисбаланса между интенсивностью поглощения влаги в осушителе и удаления влаги в регенераторе, что приводит к нарушению работы системы при утилизации.

Следует также отметить, что описание процессов тепло- и влагообмена при использовании растворов адсорбентов в основном носит эмпирический характер, а при обобщении результатов экспериментальных исследований не учитываются термодинамические особенности их реализации, в частности не рассматриваются условия на границе раздела контактирующих сред, ввиду чего получаемые значения обменных коэффициентов имеют большой разброс значений (до 40 %) [2, 9, 10].

Учитывая данное обстоятельство, возникла необходимость проведения исследований по изучению процессов тепло- и влагообмена между воздухом и

раствором LiCl на основе термодинамического подхода, основанного на теории потенциала влажности.

С термодинамической точки зрения потенциал влажности представляет собой полный термодинамический потенциал влаги, определяющий ее состояние во всех фазах системы «воздух – жидкость» при различных значениях температуры и влажности [5, 7].

При этом в качестве движущей силы процесса влагообмена используется разность потенциалов влажности. Она определяет возможность, направление переноса и предел переходного процесса влагообмена для взаимодействующих сред.

Для характеристики состояния влаги в системе «воздух – жидкость» используется единое термодинамическое уравнение относительно изменения свободной энергии в виде [7]:

$$dF = -SdT + \theta dm, \quad (1)$$

где S – энтропия гетерогенной системы; θ – полный термодинамический потенциал состояния влаги в системе, потенциал влажности.

Общее выражение для потенциала влажности имеет вид:

$$\theta = -\frac{P}{\rho} + \mu + \sum \mu_i + \theta_e + \sum \theta_i, \quad (2)$$

где $\mu = RT \ln \phi$ – химический потенциал влаги; $\sum \mu_i$ – составляющие химического потенциала влаги за счет наличия в ней растворенных веществ; θ_e – потенциал влаги в результате действия гравитационного поля; $\sum \theta_i$ – потенциал влаги за счет действия других силовых полей.

На рис. 1 показана термодинамическая модель системы «воздух – жидкость». На границе раздела контактирующих сред находится переходная область, включающая в себя пограничные и поверхностные фазы со стороны воздуха и жидкости, в пределах которой характеристики сред изменяются от значений в одной до значений в другой объемных фазах (рис. 1) [5, 7, 9].

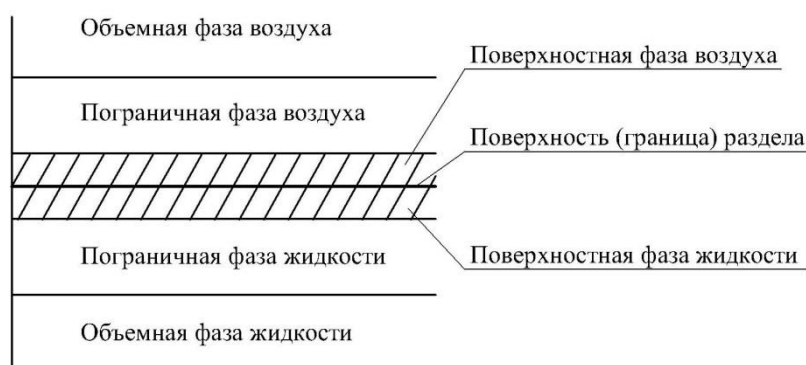


Рис. 1. Термодинамическая модель системы «воздух – жидкость»

На специальном экспериментальном стенде были проведены экспериментальные исследования процессов тепло- и влагообмена между воздухом и раствором хлористого лития с последующим получением

критериальных зависимостей для обменных коэффициентов, учитывающих особенности формирования поверхностной фазы на контакте сред.

При изучении особенностей реализации процессов тепло- и влагообмена в системе «воздух – LiCl» моделировались политропические состояния начальных параметров воздуха и жидкости, характерные для условий сорбции влаги из воздуха.

При проведении экспериментальных исследований системы «воздух – LiCl» основными факторами, влияющими на протекание процессов тепло- массообмена, рассматривались: скорость движения воздушного потока над поверхностью раствора LiCl, а также физические свойства обменивающихся сред с учетом поверхностных явлений на линии раздела фаз, что учитывалось симплексом $k=T_c/T_{нов}$.

Эксперименты проводились при скоростях воздуха от 0,79 до 2,14 м/с, при его температуре от 18 до 30 °С, концентрация раствора изменялась от 4 до 39 %, а температура его поверхности от 16 до 24 °С.

Для исследования процесса переноса влаги в поверхностных слоях и фазах в системе «воздух – LiCl» использовался единый потенциал состояния влаги – потенциал влажности Θ .

Для примера на рис. 2 показаны кривые распределения температуры и потенциала влажности в пограничных слоях воздуха и раствора LiCl на расстояниях 0,1; 0,2; 0,3 м от начала поверхности раздела при скорости воздушного потока 0,79 м/с и концентрации раствора LiCl $\varepsilon_p = 39\%$.

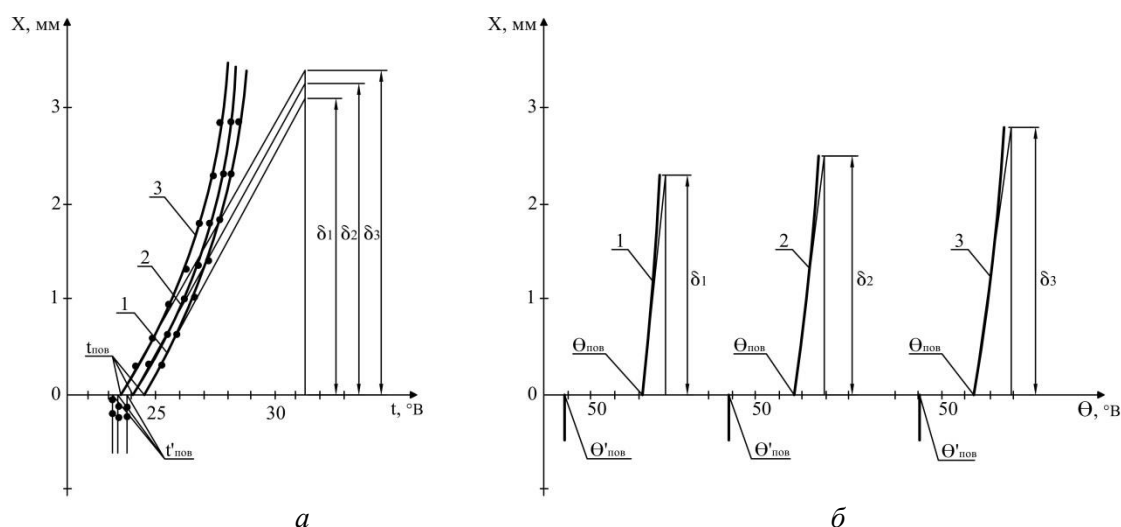


Рис. 2. Распределение температуры (а) и потенциала влажности (б) в пограничных слоях воздуха и раствора LiCl ($\varepsilon_p = 39\%$, $V = 79$ м/с) при различном расстоянии от передней кромки ванны 1: $l = 0,1$ м; 2: $l = 0,2$ м; 3: $l = 0,3$ м

Из построений видно, что с увеличением протяженности контакта растет толщина ламинарного пограничного слоя, вследствие чего уменьшается интенсивность процессов тепло- и влагообмена.

Значения коэффициентов теплообмена составили соответственно: 5,58; 5,0 и 4,53 Вт/м²К, а влагообмена – $16,2 \cdot 10^{-3}$; $15 \cdot 10^{-3}$ и $13,5 \cdot 10^{-3}$ кг/м²°В.

Из полученных построений также видно, что скачок температуры на границе раздела сред незначителен ($0,5\text{--}0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$), а скачок потенциала влажности имеет большое значение – $25\text{--}32^{\circ}\text{B}$, причем при увеличении протяженности поверхности контакта эти разности параметров уменьшаются.

Нанесение точек замеров на поле I - d -диаграммы (рис. 3) показало, что в поверхностной фазе имеет место большое изменение значения концентрации раствора LiCl , в частности в приведенном опыте оно составило от 20 до 23 % при концентрации в объемной фазе 39 %.

При увеличении протяженности контакта наблюдается рост концентрации в поверхностной фазе, что объясняется уменьшением количества сорбируемой влаги из воздуха ввиду увеличения толщины ламинарного пограничного слоя и, как следствие, уменьшения коэффициентов влагообмена.

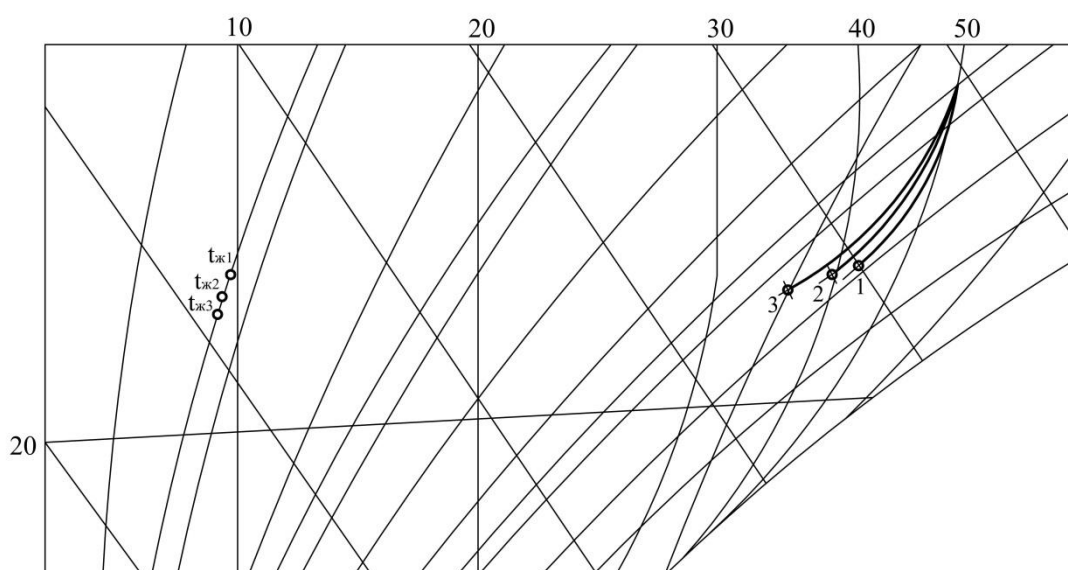


Рис. 3. Изображение на I - d -диаграмме распределения параметров в пограничном слое воздуха по данным рис. 1, где 1, 2, 3 – параметры состояния поверхностной фазы на расстояниях от передней кромки ванны 0,1 м; 0,2 м и 0,3 м

На рис. 3 точками 1, 2 и 3 обозначены параметры состояния поверхностной фазы.

Необходимо отметить, что в ранее выполненных экспериментальных работах [2, 3, 6, 8] при использовании в качестве рабочей жидкости хлористого лития, изменение концентрации в поверхностной фазе не учитывалось.

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что в условиях сорбции влаги из воздуха при концентрации раствора в его объемной фазе 10, 20, 30 и 39 % концентрация в поверхностной фазе со стороны раствора хлористого лития составила 6, 12, 16 и 19 % соответственно.

По результатам экспериментальных исследований были получены эмпирические зависимости в виде критериев Nu и Nu'_o , которые могут быть использованы для расчета процессов тепло- и влагообмена между воздухом и раствором хлористого лития:



– теплообмен:

$$Nu = c_1 \cdot Pr^{0,33} \cdot Re^{0,81} \cdot \varepsilon_p^{-0,1} \cdot k^{0,6} \quad (3)$$

при $k=1,013-1,026$ $c_1=0,012-0,02$;

– влагообмен:

при значении $\varepsilon_p = 0-30 \%$

$$Nu'_\theta = c_2 \cdot (Pr'_\theta)^{-2} \cdot Re^{1,07} \cdot \varepsilon_p^{0,34} \cdot k^{-0,06} \quad (4)$$

при $k=1,02-1,025$ $c_2=0,00082-0,00078$;

при значении $\varepsilon_p = 30-42 \%$

$$Nu'_\theta = c_3 \cdot (Pr'_\theta)^{-2} \cdot Re^{1,07} \cdot \varepsilon_p^{0,72} \cdot k^{-0,1}, \quad (5)$$

где Nu , Nu'_θ – тепловой и диффузионный критерии Нуссельта, Re – критерий Рейнольдса, ε_p – концентрация раствора LiCl.

Зависимости (3) – (5) определены при значениях критерия Re от 2×10^3 до 20×10^3 и концентрациях раствора $\varepsilon_p = 0-42 \%$.

В формулах 3–5 использован параметрический критерий $k=T_c/T_{нов}$, учитывающий соотношение температуры по «сухому» термометру в объемной фазе воздуха к температуре поверхности контакта.

Было экспериментально установлено возрастание интенсивности протекания процессов влагообмена при взаимодействии воздуха с раствором LiCl концентрации более 30 %, поэтому приводятся две зависимости для определения диффузионного критерия Нуссельта Nu'_θ , которые могут быть использованы для определения коэффициентов влагообмена.

Таким образом, установлено, что в поверхностной фазе со стороны раствора LiCl имеет место значительное изменение концентрации адсорбента. Этот факт требует учета при использовании водного LiCl в качестве промежуточного теплоносителя в системах осушки и утилизации ВЭР.

Зависимости, полученные для определения коэффициентов тепло- и влагообмена, могут быть использованы при определении потоков теплоты и влаги при использовании водных растворов хлористого лития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Qi Ronghui. A review of liquid desiccant air dehumidification: From system to material manipulations. *Energy and Buildings* / Qi Ronghui, Dong Chuanshuai, Zhang Li-Zhi. – Volume 215, 15 May 2020, 109897. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109897>.
2. Longo, G. A. Experimental and theoretical analysis of heat and mass transfer in a packed column dehumidifier/regenerator with liquid desiccant. *International Journal of Heat and Mass Transfer* / G. A. Longo, A. Gasparella. – 2005. – Volume 48, Issues 25–26. – P. 5240-5254. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.07.011>.
3. Theo Elmer, Mark Worall, Shenyi Wu, Saffa Riffat. An experimental study of a novel integrated desiccant air conditioning system for building applications. *Energy and Buildings* / Theo Elmer, Mark Worall, Shenyi Wu, Saffa Riffat. – Volume 111. – 1 January 2016. – P. 434-445. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.065>.
4. Niemann, P. Air conditioning system with enthalpy recovery for space heating and air humidification : an experimental and numerical investigation. *Energy* / P. Niemann, G. Schmitz.



– Volume 213. – 15 December 2020, 118789. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118789>.

5. Gvozdkov, A. Some aspects of improving of air treatment in the contact units of HVAC systems / A. Gvozdkov, O. Suslova : proceedings 10-th International conference on environmental engineering, ICEE 2017.10. 2017. С. enviro.2017.258.

6. Богословский, В. Н. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / В. Н. Богословский, И. Я. Поз. – Москва : Стройиздат. – 1983. – 320 с. – (ЭТЭ. Экономия топлива и электроэнергии).

7. Гвоздков, А. Н. Применение потенциала влажности к расчету тепловлагообмена между воздухом и жидкостью / А. Н. Гвоздков, В. Н. Богословский // Водоснабжение и санитарная техника. – Москва : Стройиздат. – 1985. – № 10. – С. 8–9.

8. Карпис, Е. Е. Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха / Е. Е. Карпис. – Москва : Стройиздат, 1986. – 267 с. – (ЭТЭ. Экономия топлива и электроэнергии).

9. Гвоздков, А. Н. Описание процессов тепло- и влагообмена в контактных аппаратах с использованием сорбентов / А. Н. Гвоздков, М. А. Гвоздилов // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы 3-й Международной научной конференции, 14-17 сентября, 2004 год, Волгоград / Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. – Волгоград, 2004. – С. 123–127.

10. Джейкок, М. Химия поверхностей раздела фаз / М. Джейкок, Д. Паффей. – Москва : Мир. – 1984. – С. 10–50.

GVOZDKOV Aleksandr Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor, senior researcher

ON THE ISSUE OF PROCESS IMPLEMENTATION OF HEAT AND MOISTURE EXCHANGE IN THE "AIR - LiCl" SYSTEM

Scientific Research Institute of Building Physics RAASN

21, Locomotivniy proezd, Moscow, 127238, Russia. Tel.: +7 (495) 482 40 76;

e-mail: angvo@mail.ru

Key words: Lithium chloride, concentration, heat and moisture exchange, moisture exchange coefficient.

The article discusses the features of the implementation of the processes of heat and moisture exchange between air and a solution of lithium chloride (LiCl), taking into account the influence of the surface phase formed at the interface of media. The results of studies of changes in the concentration of the solution in the surface phase under conditions of moisture sorption from the air and calculated dependences for determining the coefficients of heat and moisture exchange are presented.

REFERENCES

1. Qi Ronghui, Dong Chuanshuai, Zhang Li-Zhi. A review of liquid desiccant air dehumidification: From system to material manipulations. Energy and Buildings. Vol. 215, 15 May 2020, 109897. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109897>.

2. Longo G. A., Gasparella A. Experimental and theoretical analysis of heat and mass transfer in a packed column dehumidifier/regenerator with liquid desiccant. International Journal of Heat and Mass Transfer. Vol. 48, Issues 25–26, 2005, P. 5240–5254. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.07.011>.



3. Elmer Theo, Worall Mark, Wu Shenyi, Riffat Saffa. An experimental study of a novel integrated desiccant air conditioning system for building applications. *Energy and Buildings*. Vol. 111, 1 January 2016, P. 434-445. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.065>.
4. Niemann P., Schmitz G. Air conditioning system with enthalpy recovery for space heating and air humidification: An experimental and numerical investigation. *Energy*. Vol. 213, 15 December 2020, 118789. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118789>.
5. Gvozdkov A., Suslova O. Some aspects of improving of air treatment in the contact units of HVAC systems. *Proceedings of the 10-th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2017.10*. 2017. C. enviro.2017.258.
6. Bogoslovskiy V. N., Poz I. Ya. *Teplofizika apparatov utilizatsii tepla system otopeniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh* [Thermophysics of machines of heat recovery systems, heating, ventilation and air conditioning]. Moscow : Stroyizdat. – 1983. 320 p. – (ETE. Ekonomiya topliva i elektroenergii).
7. Bogoslovsky V. N., Gvozdkov A. N. *Primenenie potentsiala vlazhnosti k raschyotu teplovлагообмена mezhdu vozdukhom i zhidkostyu* [Application of moisture potential to the calculation of heat and moisture exchange between air and liquid]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Equipment]. – Moscow : Stroyizdat. 1985. № 10. P. 8–9.
8. Karpis E. E. *Energoberezhenie v sistemakh konditsionirovaniya vozdukh* [Energy saving in air conditioning systems]. – Moscow : Stroyizdat, 1986. – 267 p. – (ETE. Ekonomiya topliva i elektroenergii).
9. Gvozdkov A. N., Gvozdkov M. A. *Opisanie protsessov teplo- i vlagoобмена v kontaktnykh apparatakh s ispolzovaniem sorbentov* [Description of heat and moisture exchange processes in contact devices using sorbents]. *Kachestvo vnutrennego vozdukh* i okruzhayushchey sredy [Indoor air and environmental quality] : materialy 3-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, 14-17 sentyabrya, 2004 god, Volgograd / Volgograd. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Volgograd. – 2004. – P.123-127.
10. Jaycock M. J., Parfitt G. D. *Himiya poverkhnostey razdela faz* [Chemistry of phase separation surfaces]. – Moscow : Mir. – 1984. – P. 10–50.

© А. Н. Гвоздков, 2024

Полечено: 10.04.2024 г.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.31

О. А. САМОДОЛОВА¹, аспирант кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем; Д. В. УЛЬРИХ^{1,2}, д-р техн. наук, доц., директор архитектурно-строительного института, проф. кафедры водопользования и экологии; Т. М. ЛОНЗИНГЕР¹, канд. техн. наук, науч. сотрудник, доц. кафедры физикохимии материалов; С. Г. ГОЛОВИНА², канд. архитектуры, доц., первый проректор, зав. кафедрой архитектурно-строительных конструкций

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ В ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

¹ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Южно-Уральский государственный университет
Россия, 454080, г. Челябинск, просп. В. И. Ленина, д. 76; эл. почта: ulrikhdv@susu.ru

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4,
эл. почта: prorektor.1st@spbgasu.ru

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, осадок природных вод, сорбция, локальная очистка, поллютанты, урбанизированные территории, фильтрат.

Приведены результаты исследований по изучению состава и структуры осадка, образовавшегося при реагентной водоподготовке природных вод. Определена эффективность сорбции исследованным осадком тяжелых металлов из поверхностных сточных вод селитебных территорий в зависимости от температуры и времени контакта сорбента со сточными водами. В результате исследования подтвердилось предположение о возможности использования осадка природных вод в качестве потенциального сорбента.

Введение

В современном мире отходы, получаемые от деятельности человека, представляют собой серьезную экологическую проблему. Любое из направлений производства необходимых человечеству товаров, как правило, приводит к образованию отходов, основные объемы которых просто складываются. Технологии утилизации отходов требуют значительных затрат. В настоящее время специалистами активно внедряются подходы рационального природопользования и экологизации производства, которые позволяют снизить затраты на добычу и переработку сырья для производства новых продуктов, так как используют техногенные отходы. Техногенные отходы обладают рядом преимуществ из-за термической или химической обработки, измельчения и усреднения состава на стадиях первичной переработки.

Среди перспективных отходов, которые могут быть использованы в технологии очистки поверхностных сточных вод урбанизированных территорий, на наш взгляд, являются отходы, образующиеся при реагентной водоподготовке.

В настоящий момент существует ряд публикаций, описывающих попытки применения (утилизации) данного материала [1–15].



Целью данной работы является оценка сорбционной способности осадка природных сточных вод при очистке поверхностных сточных вод с селитебных территорий.

Материалы и методы

Объектом исследования является система осадок от реагентной очистки природных вод (сорбент) – поверхностные сточные воды с селитебных территорий города Челябинска, отобранные согласно общепринятым методикам. Состав смешанной пробы сточных (ливневых) вод города Челябинска приведен в табл. 1, из которой видно, что сточные ливневые воды загрязнены тяжелыми металлами.

Таблица 1

Химический состав поверхностных сточных вод селитебных территорий

Элемент	Al	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	pH
Содержание в городском поверхностном стоке, мг/л	2,71	0,01	0,03	2,62	0,20	0,41	0,29	6,43

Сорбент – осадок от реагентной очистки природных вод на очистных сооружениях водопровода города Челябинска, извлеченный из отстойников и дополнительно прошедший процесс сушки. Производительность сооружений составляет более 700 тыс. кубометров в сутки [16].

Провели анализ состава и структуры сорбента. Для проведения исследований использовали электронный растровый микроскоп. Результаты микрорентгеноспектрального анализа поверхности образца приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты микрорентгеноспектрального анализа образца осадка природных вод, %

Номер спектра	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
1	36,5	41,5	0,52	10,94	7,9	0,6	0,35	0,1	0,5	1,0
2	25,3	41,2	0	6,51	26	0,4	0	0,1	0,3	0,4
3	36,5	41,8	0	10,89	8,5	0,6	0,29	0	0,6	0,8

Исследование структуры поверхности проводилось при различной степени увеличения, верхний снимок – увеличение образца в 150 раз, средний – в 300 раз, нижний – в 500 раз (рис. 1). Микрофотографии сорбента приведены на рис. 1.

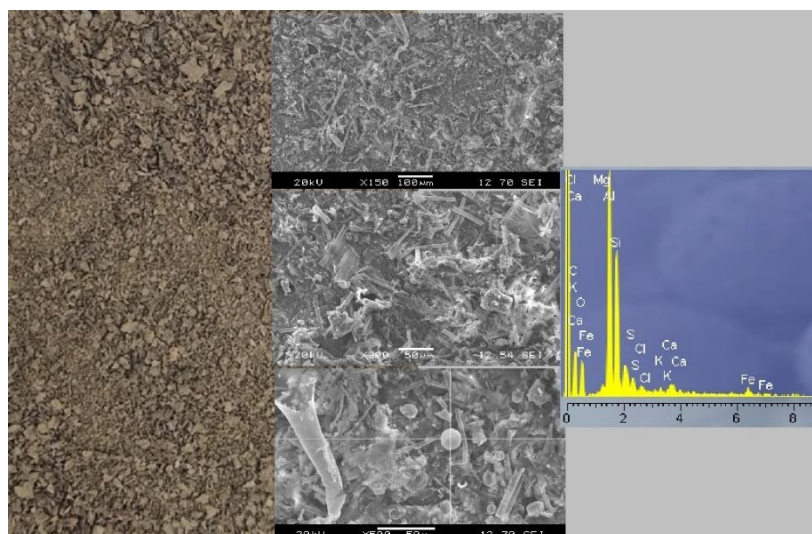


Рис. 1. Микрофотографии осадка от реагентной очистки природных вод и данные микро рентгеноспектрального анализа

Эффективность сорбционного процесса оценивали по сорбции тяжелых металлов, входящих в состав поверхностных сточных вод в статических и динамических условиях.

При исследовании системы в статических условиях использовали метод ограниченного объема при соотношении «твердая фаза-жидкость» 1:10. Температуру варьировали от 0°C до 10°C и 20°C, время экспозиции составляло 3–168 часов. Исследования в динамических условиях проводились на специальной установке, при расходах фильтрата (0,3; 0,6; 1,2; 7,5 л/ч), пробу пропускали через сорбент.

Результаты исследования

В табл. 3 приведены результаты исследования эффективности сорбционного процесса в системе осадок от реагентной обработки природных вод – сточная (ливневая) вода в статических условиях.

Таблица 3

Степень извлечения загрязнителей из пробы сточной воды в зависимости от t °C и времени контакта, %

Показатель	Эффективность очистки при температуре и времени контакта, %								
	0 °C			10 °C			20 °C		
	3 ч	6 ч	168 ч	3 ч	6 ч	168 ч	3 ч	6 ч	168 ч
Алюминий	53	76	76	24	24	65	47	76	82
Хром	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Медь	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Железо	100	100	100	92	96	99	81	95	96
Никель	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Свинец	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Цинк	33	83	100	83	93	98	67	83	83



Полученные результаты показывают высокую эффективность исследуемого сорбента для очистки сточных вод урбанизированных территорий в статических условиях.

Независимо от температуры системы и времени контакта сорбент полностью удаляет из сточной воды хром, медь, никель, свинец. Для полной очистки исследуемой пробы сточных вод от ионов железа необходимо поддерживать температуру 0 °С. При температуре 10 °С эффективность очистки незначительно снижается. С повышением величины времени экспозиции эффективность удаления железа возрастает до 99 %. При этом чем больше время экспозиции, тем выше степень очистки. Аналогичная закономерность наблюдается при температуре 20 °С, при которой эффективность очистки достигает 96 %.

Максимальная степень извлечения цинка (100 %) наблюдается при температуре 0 °С и времени контакта 7 суток. С повышением температуры эффективность очистки незначительно снижается.

Экспериментальные данные показывают, что при контакте сорбента с пробой поверхностных сточных вод селитебных территорий происходит переход ионов алюминия из осадка в пробу. Алюминий входит в состав остатков коагулянта, поэтому участвует в процессе очистки сточных вод. При низкой температуре и малом времени контакта концентрация алюминия повышается незначительно, поэтому эффективность очистки равна 53–76 %. С увеличением температуры в системе до 10 °С растворение соединений алюминия имеет большую скорость, поэтому эффективность очистки снижается до 24 % при незначительном времени контакта. Максимальное значение эффективности очистки сточных вод от алюминия составляет 82 % при температуре 20 °С и времени контакта 7 суток, когда скорости протекающих в системе реакций растворения алюминия и осаждения поллютантов в качестве коагулянта практически равны.

Необходимо отметить, зависимость величины рН в системе сорбент-проба от температуры и времени экспозиции. С увеличением температуры показатель рН возрастает с 6,4 до 7 единиц. При увеличении времени контакта для системы с температурой 0 °С наблюдается незначительное повышение водородного показателя на 0,1. Для систем с температурами 10 °С и 20 °С максимальное увеличение рН составляет 0,6 (рис. 2).

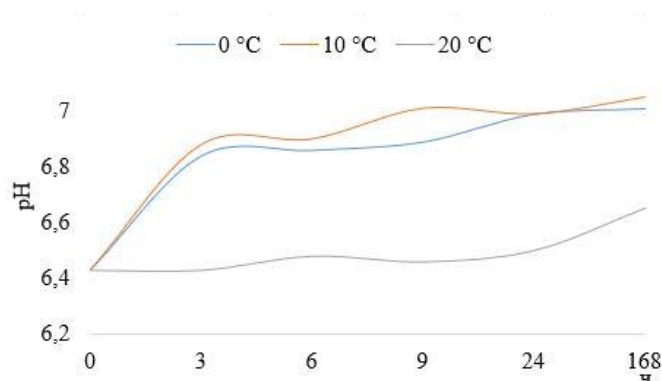


Рис. 2. Влияние на рН изменения температуры и времени контакта сорбента (осадок природных вод) с сточной водой

Исследования сорбционного процесса в динамических условиях показали высокую эффективность извлечения из сорбата загрязнителей. Полностью удаляются из сточной воды хром, медь, железо и свинец независимо от скорости фильтрации.

На эффективность удаления из сорбата никеля, цинка и алюминия большое влияние имеет расход фильтрата. Никель полностью извлекается из сточной воды при скорости фильтрования 1,2 л/ч, цинк – выше 0,6 л/ч. Расход фильтрата в интервале 0,6 и 1,2 л/ч обеспечивает эффективность очистки сорбата от ионов алюминия 94 %.

Уровень pH в динамических условиях также претерпевает изменение, но при всех скоростях фильтрования изменения не превышают $\pm 5\%$, зависимость приведена на рис. 3.

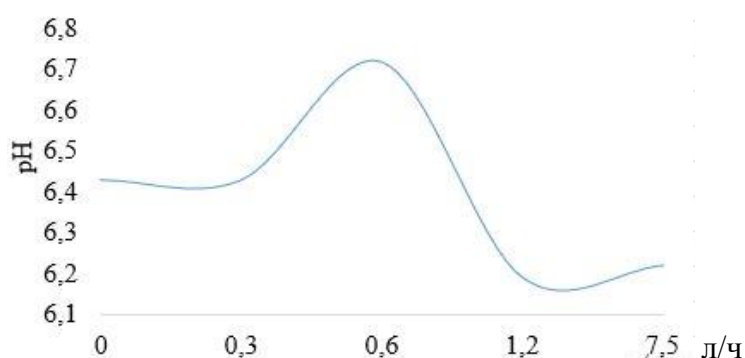


Рис. 3. Изменение pH при изменении скорости фильтрования

Выводы

Полученные результаты показывают, что использование осадка от реагентной очистки природных вод в качестве сорбента для очистки поверхностных сточных вод урбанизированных территорий является эффективной и недорогой альтернативой существующим решениям. Материал позволяет удалять тяжелые металлы из сорбата при различных условиях.

Установлено, что в статических условиях независимо от температуры системы и времени контакта сорбент полностью удаляет из сточной воды хром, медь, никель, свинец. Для полной очистки сорбата от ионов железа необходимо поддерживать температуру 0 °С. При температуре 10 °С эффективность очистки незначительно снижается.

Исследования сорбционного процесса в динамических условиях показали высокую эффективность извлечения из сорбата загрязнителей. Полностью удаляются из сточной воды хром, медь, железо и свинец независимо от скорости фильтрации.

На эффективность удаления из сорбата никеля, цинка и алюминия большое влияние имеет расход фильтрата.

Экспериментальные данные показывают, что при контакте сорбента с сорбатом происходит переход ионов алюминия из осадка в сорбат. Алюминий входит в состав остатков коагулянта в осадке, поэтому участвует в процессе очистки сточных вод. Максимальное значение эффективности очистки сточных вод от алюминия составляет 82 % при температуре 20 °С и времени контакта 7



суток, когда скорости протекающих в системе реакций растворения алюминия и осаждения поллютантов в качестве коагулянта практически равны.

Полученные экспериментальные данные показали, что осадок от реагентной очистки природных поверхностных вод является перспективным сорбционным материалом. Дальнейшие исследования должны быть направлены на определение механизма и характеристик сорбционного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mannina, G. Polyhydroxyalkanoate production from fermentation of domestic sewage sludge monitoring greenhouse gas emissions : a pilot plant case study at the WRRF of Palermo university (Italy) / G. Mannina, A. Mineo // *Journal of Environmental Management*. – 2023. – № 348.
2. Capodaglio, A. G. Energy and resources recovery from excess sewage sludge : a holistic analysis of opportunities and strategies / A. G. Capodaglio, A. Callegari // *Resources, Conservation & Recycling Advances*. – 2023. – № 19.
3. Polyhydroxyalkanoates (PHAs) Production : A Feasible Economic Option for the Treatment of Sewage Sludge in Municipal Wastewater Treatment Plants? / D. C. Pedemonte, O. Franchi, L. Caminos, D. Jeison. – 2020. – № 12 (4).
4. D'Imporzano, G. Measuring the environmental impacts of sewage sludge use in agriculture in comparison with the incineration alternative / G. D'Imporzano, F. Adani // *Science of the Total Environment*. – 2023.
5. Zarina, R. Opportunities for resource recovery from Latvian municipal sewage sludge / R. Zarina, L. Mezule // *Heliyon*. – 2023. – № 9 (10).
6. Zarandi, M. Multicriteria analysis of sewage sludge-based biodiesel production / M. Zarandi, C. Torres, J. M. Mateo, L. Jiménez // *Journal of Environmental Management*. – 2023. № 348.
7. Callegari, A. Production of energy (biodiesel) and recovery of materials (biochar) from pyrolysis of urban waste sludge / A. Callegari, P. Hlavinek, A.G. Capodaglio // *Rev. Ambiente Agua*. – 2023. – № 13.
8. Kargbo, D. M. Biodiesel production from municipal sewage sludges / D. M. Kargbo // *Energy Fuels*. – 2010. – № 24 (5). – P. 2791–2794.
9. Scelsi, E. Urban sewage sludge valorization to biodiesel production: Solvent-free lipid recovery through adsorption on used 3 Ply Safety Face Masks / E. Scelsi, C. Pastore // *Environmental Technology & Innovation*. – 2023. – № 30.
10. Capodaglio, A. G. Energy issues in sustainable urban wastewater management: use, demand reduction and recovery in the urban water cycle / A. G. Capodaglio, G. Olsson // *Sustainability*. – 2020. – № 12 (11). – 266 p.
11. Callegari, A. Production of energy (biodiesel) and recovery of materials (biochar) from pyrolysis of urban waste sludge / A. Callegari, P. Hlavinek, A.G. Capodaglio // *Rev. Ambiente Agua*. – 2018. – № 13 (2).
12. Sewage sludge derived biochar and its potential for sustainable environment in circular economy : advantages and challenges / R. Khan, S. Shukla, M. Kumar [et. al.] // *Chemical Engineering Journal*. – 2023. – № 471 (7).
13. Hwang, J. Protein recovery from excess sludge for its use as animal feed / J. Hwang, L. Zhang, S. Seo [et. al.] // *Bioresour. Technol.* – 2008. – № 99 (18).
14. Reuse of domestic sewage sludge to achieve a zero-waste strategy & improve concrete strength & durability - A review / S. Vilakazi, E. Onyari, O. Nkwonta, J. K. Bwapwa // *South African Journal of Chemical Engineering*. – 2023. – № 43 (1). – P. 122–127.
15. Al-Obaidi, A. R. Sewage sludge reuse in concrete industry : a review / A. R. Al-Obaidi, R. H. Al-Anbari, M. S. Hassan // *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*. – 2021. – № 779 (1).



16. В Челябинске построят станцию обеззараживания воды ультрафиолетом за 1 млрд рублей. – URL: <https://www.1obl.ru/news/ekonomika/v-chelyabinske-postroyat-stantsiyu-obezzarazhivaniya-vody-ultrafioletom-za-1-mlrd-rubley/> (дата обращения: 01.11.2023). – Текст: электронный.

SAMODOLOVA Olesya Aleksandrovna¹, post-graduate student of the chair of urban planning, engineering networks and systems; **ULRIKH Dmitry Vladimirovich^{1,2}**, doctor of technical sciences, associate professor, director of the Architectural and Construction Institute, professor of the chair of water management and environment; **LONZINGER Tatyana Moprovna¹**, candidate of technical sciences, researcher, associate professor of the chair of physical chemistry of materials; **GOLOVINA Svetlana Gennadevna²**, candidate of architecture, associate professor, first vice-rector, holder of the chair of architectural and building constructions

THE USE OF WATER TREATMENT WASTE IN THE TREATMENT OF SURFACE WASTEWATER FROM RESIDENTIAL AREAS

¹South Ural State University

76, Lenin Prospekt, Chelyabinsk, Chelyabinsk Region, 454080, Russia;

e-mail: ulrikhdv@susu.ru

²St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

4, 2nd Krasnoarmeyskaya St., Saint-Petersburg, 190005, Russia;

e-mail: prorector.1st@spbgasu.ru

Key words: surface wastewater, sediment of natural waters, sorption, local purification, pollutants, urbanized territories, filtrate.

The results of studies on the composition and structure of sediment formed during reagent water treatment of natural waters are presented. The efficiency of sorption by the studied heavy metal sediment from the surface wastewater of residential areas is determined depending on the temperature and time of contact of the sorbent with wastewater. As a result of the study, the assumption was confirmed about the possibility of using the sediment of natural waters as a potential sorbent.

REFERENCES

1. Mannina G., Mineo A. Polyhydroxyalkanoate production from fermentation of domestic sewage sludge monitoring greenhouse gas emissions: A pilot plant case study at the WRRF of Palermo University (Italy) // *Journal of Environmental Management*. – 2023. – № 348.
2. Capodaglio A. G., Callegari A. Energy and resources recovery from excess sewage sludge: A holistic analysis of opportunities and strategies // *Resources, Conservation & Recycling Advances*. – 2023. – № 19.
3. Pedemonte D. C., Franchi O., Caminos L., Jeison D. Polyhydroxyalkanoates (PHAs) Production: A Feasible Economic Option for the Treatment of Sewage Sludge in Municipal Wastewater Treatment Plants? – 2020. – № 12(4).
4. D'Imporzano G., Adani F. Measuring the environmental impacts of sewage sludge use in agriculture in comparison with the incineration alternative // *Science of The Total Environment*. – 2023.
5. Zarina R., Mezule L. Opportunities for resource recovery from Latvian municipal sewage sludge // *Heliyon*. – 2023. – № 9 (10).



6. Zarandi M., Torres C., Mateo J. M., Jiménez L. Multicriteria analysis of sewage sludge-based biodiesel production // *Journal of Environmental Management*. – 2023. № 348.
7. Callegari A., Hlavinek P., Capodaglio A. G. Production of energy (biodiesel) and recovery of materials (biochar) from pyrolysis of urban waste sludge // *Rev. Ambiente Agua*. – 2023. – № 13.
8. Kargbo D. M. Biodiesel production from municipal sewage sludges // *Energy Fuels*. – 2010. – № 24 (5). – P. 2791–2794.
9. Scelsi E., Pastore C. Urban sewage sludge valorization to biodiesel production: Solvent-free lipid recovery through adsorption on used 3 Ply Safety Face Masks // *Environmental Technology & Innovation*. – 2023. – № 30.
10. Capodaglio A. G., Olsson G. Energy issues in sustainable urban wastewater management: use, demand reduction and recovery in the urban water cycle // *Sustainability*. – 2020. – № 12 (11). – 266 p.
11. Callegari A., Hlavinek P., Capodaglio A. G. Production of energy (biodiesel) and recovery of materials (biochar) from pyrolysis of urban waste sludge // *Rev. Ambiente Agua*. – 2018. – № 13 (2).
12. Khan R., Shukla S., Kumar M., Zuurro A., Pandey A. Sewage sludge derived biochar and its potential for sustainable environment in circular economy: Advantages and challenges // *Chemical Engineering Journal*. – 2023. – № 471 (7).
13. Hwang J., Zhang L., Seo S., Lee Y. W., Jahng D. Protein recovery from excess sludge for its use as animal feed // *Bioresour. Technol.* – 2008. – № 99 (18).
14. Vilakazi S., Onyari E., Nkwonta O., Bwapwa J. K. Reuse of domestic sewage sludge to achieve a zero waste strategy & improve concrete strength & durability – A review // *South African Journal of Chemical Engineering*. – 2023. – № 43 (1). – P. 122–127.
15. Al-Obaidi A. R., Al-Anbari R. H., Hassan M. S. Sewage sludge reuse in concrete industry: a review // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2021. – № 779 (1).
16. V Chelyabinske postroyat stantsiyu obezzarazhivaniya vody ultrafioletom za 1 mlrd rubley [An ultraviolet water disinfection station will be built in Chelyabinsk for 1 billion rubles] // <https://www.1obl.ru/news/ekonomika/v-chelyabinske-postroyat-stantsiyu-obezzarazhivaniya-vody-ultrafioletom-za-1-mlrd-rubley/> (data obrashcheniya 01.11.2023).

© О. А. Самодолова, Д. В. Ульрих, Т. М. Лонзингер, С. Г. Головина, 2024
Получено: 29.03.2024 г.

УДК 691-405.8

И. В. БЕССОНОВ¹, канд. техн. наук, гл. науч. сотрудник; А. Д. ЖУКОВ^{1,2}, канд. техн. наук, доц. кафедры строительного материаловедения; Э. А. ГОРБУНОВА, магистрант², инженер¹; И. С. ГОВРЯКОВ, аспирант², вед. инженер¹; П. К. ГУДКОВ³, преп.; Л. К. БОГОМОЛОВА¹, канд. хим. наук, гл. науч. сотрудник

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ ВЫСОКОПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА

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

Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный пр-д, д. 21. Тел.: (495) 482-40-76; эл. почта: niisf@niisf.ru

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. Тел.: (495) 781-80-07; эл. почта: kanz@mgsu.ru

³ФГБОУ ВО «Финансовый университет при правительстве Российской Федерации»

Россия, 125993, г. Москва, пр-т Ленинградский, д. 49/2. Тел.: (495) 249-52-49; эл. почта: academy@fa.ru

Ключевые слова: вспененное жидкое стекло, холодное отверждение, модифицированное вяжущее, активный эксперимент, статистическая обработка, аналитическая оптимизация.

Проведены исследования прочностных характеристик и коэффициента размягчения вспененного жидкого стекла на основе модифицированного вяжущего холодного отверждения, а также разработана методика прогнозирования свойств материала на основе вспененного жидкого стекла и подбора его состава.

В результате исследований получены статические зависимости прочности и коэффициента размягчения материала от расхода модифицированного вяжущего, содержания портландцемента и модификатора. На основе аналитической оптимизации определен оптимальный расход портландцемента. Получена номограмма, с помощью которой может решаться задача прогнозирования свойств изделий в зависимости от рецептурных параметров.

Вспененное стекло по своей структуре и составу матрицы является теплоизоляционным материалом, в котором объединяются положительные свойства как теплоизоляции на основе минеральных волокон (прочностные характеристики и негорючесть) и ячеистых пластмасс (мелкоячеистая замкнутая или квазизамкнутая пористость). Использование композиций на основе вспененного жидкого стекла холодного отверждения позволяет также снизить энергетические затраты на изготовление изделий, равно, как и отрицательную нагрузку на окружающую среду.

Вектором развития отечественного строительства является разработка, проектирование и применение строительных систем, обеспечивающих заданные тепло-влажностные эксплуатационные режимы. Если речь идет о жилых или общественных постройках, то основным критерием является комфортность помещений. Для технологических объектов (от складов сельхозпродуктов до



производственных цехов) главным является обеспечение условий для нормального протекания технологических процессов. Во всех случаях обязательным являются условия безопасности: как экологической (отсутствие вредных выбросов), так и пожарной. Учитываются также энергетические затраты на изготовление изделий. Очевидно, что использование энергоемких технологических процессов создает значительную отрицательную нагрузку на окружающую среду и предполагает дополнительные расходы топлива [1, 2].

Одним из основных компонентов используемых строительных систем являются теплоизоляционные материалы и изделия на их основе. В наибольших объемах используются две группы изделий: на основе минеральных волокон (предпочтительнее на основе каменной ваты) и вспененные пластмассы. Вспененные пластмассы по сравнению с изделиями на основе каменной ваты имеют меньшую плотность и теплопроводность, а также низкое водопоглощение и гигроскопичность, что обеспечивает стабильность теплофизических показателей в различных условиях эксплуатации. Большинство вспененных пластмасс являются горючими, что значительно ограничивает возможности их применения [3, 4].

Свойства вспененных пластмасс во многом определены их мелкоячеистой структурой. Газ (воздух, CO_2 или др.), содержащийся в ячейках находится в иммобилизованном состоянии при практически нулевой конвекции, что и определяет низкую теплопроводность. Плотные межячейковые перегородки препятствуют движению паровоздушных смесей в структуре материала, что, в свою очередь, и определяет стабильность влажностных показателей изделий [5, 6]. В связи с изложенным разработка материалов, имеющих высокую пористость и негорючую матрицу, является актуальной задачей, которая реализуется в технологиях пеностекла, вспенивающейся стеклокерамики и материала на основе вспененного жидкого стекла [7–9].

Пеностекло применяют как в виде штучных изделий (в качестве плитной изоляции, блоков, фасонных изделий сложной геометрической формы), так и в виде сыпучих материалов – пеностекляного щебня, применяемого в качестве наполнителя и засыпки, и гранулированного и микрогранулированного пеностекла, применяемого в составах легких штукатурных смесей. Материал негорючий и имеет низкую теплопроводность и относительно высокие прочностные показатели. Изготовление изделий предполагает использование обжиговых (до 1300°C) процессов: высокотемпературное вспучивание стеклянного расплава и быстрое остывание с последующим отжигом для снятия внутренних напряжений [10, 11]. Одним из направлений снижения энергоемкости изготовления материалов на основе вспененного стекла является использование низкотемпературного так называемого «холодного» отверждения. Этот материал по своим основным свойствам близок к обжиговому пеностеклу, но имеет низкую водостойкость [12, 13].

Композиционные материалы на основе жидкого стекла обладают свойством затвердевать на воздухе при обычных условиях. При этом из-за испарения свободной воды повышается содержание коллоидного кремнезема, который впоследствии коагулирует и уплотняется. Гидроксид натрия в составе жидкого стекла препятствует осаждению кремнекислоты, но углекислота, содержащаяся в воздухе, нейтрализует его, способствуя переходу кремнекислоты в коллоидный раствор. Такая схема отверждения жидкого стекла имеет ряд недостатков, среди

них: высокое водопоглощение ввиду появления поверхностной пленки за счет действия уголекислоты, а также низкая скорость твердения [14, 15].

Модифицирующие добавки можно разделить на две категории: жидкая водорастворимая добавка на кремнийорганической основе (этилсиликонат натрия $C_2H_5Si(OH)_2ONa$); сухие минеральные добавки (гидроксид кальция $Ca(OH)_2$ (гашенная известь) и портландцемент (основная реакционно-активная фаза $3CaO \cdot SiO_2$ (C_3S , алит). Полученные композиции представляют собой неорганические полимеры с развитой капиллярно-пористой структурой. Такая структура характерна для всех пористых материалов на силикатной основе (рис. 1).

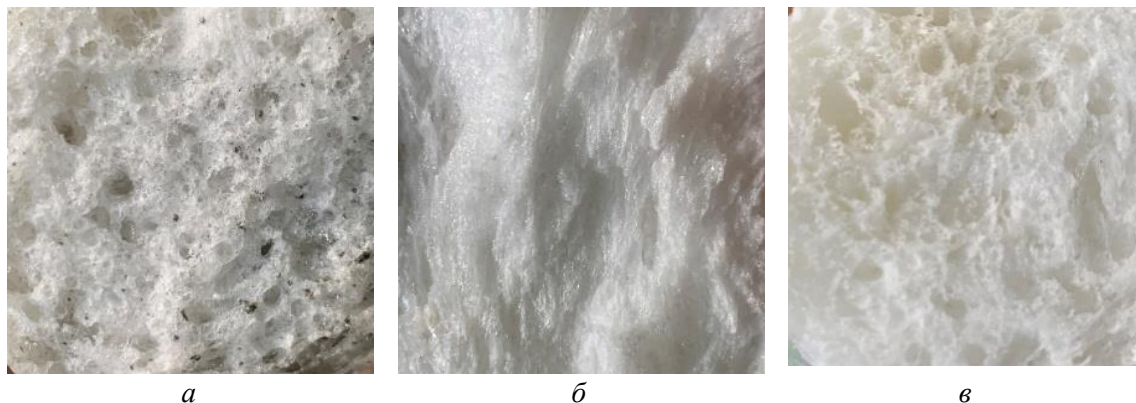


Рис. 1. Структура силикатных пористых материалов: *а* – материал на основе жидкого стекла с добавкой портландцемента; *б* – материал на основе жидкого стекла и кремнийорганической добавки; *в* – материал на основе жидкого стекла и добавки – гидроксида кальция

Целью исследований, изложенных в статье, была оценка прочностных характеристик и коэффициента размягчения пеностекла на основе модифицированного вяжущего холодного отверждения, а также разработка основ методики прогнозирования свойств пеностекла и подбора его состава.

Исследования проводились на основе статистических методов планирования и обработки результатов эксперимента. Оптимизация уравнений осуществлялась аналитическим методом. Этот метод разработан в НИУ МГСУ и опробован при анализе различных технологий и рецептов строительных материалов: от теплоизоляционных до специальных видов бетонов [16, 17]. Метод базируется на следующих положениях: полученные цифровые модели (статистические уравнения регрессии) адекватно описывают изучаемый технологический процесс; каждое уравнение является алгебраической функцией нескольких переменных (по числу значимых варьируемых факторов) и для исследования этой функции применимы методы математического анализа.

В качестве варьируемых факторов принят расход модифицированного вяжущего (X_1), содержание в модифицированном вяжущем портландцемента (X_2) и модификатора (X_3). Функциями отклика приняты прочность материала при сжатии (Y_1) и его коэффициент размягчения (Y_2). Коэффициент размягчения (Y_2) определялся на образцах ($50 \times 50 \times 50$ мм), которые в течение 15 минут находились в воде (рис. 2), далее в воздушных условиях с образцов стекала лишняя влага, образцы взвешивались и испытывались на прочность при сжатии. Коэффициент

размягчения определялся как отношение прочности при сжатии влажного образца к прочности при сжатии сухого образца.



Рис. 2. Испытание образцов материала: а – выдерживание образцов в воде; б – испытание на прочность при сжатии

Средняя плотность рассматривалась как детерминированная функция, зависящая от расхода модифицированного вяжущего. Условия эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения эксперимента

Наименование фактора	Символ, X_i	Среднее значение фактора, \bar{X}_i	Интервал варьирования, ΔX_i	Значения фактора на уровнях	
				-1	+1
Расход модифицированного вяжущего, Рмв, кг/м ³	X_1	160	40	120	200
Содержание портландцемента, Сп, %	X_2	9	3	6	12
Содержание модификатора, См, %	X_3	2	1	1	3

Активный эксперимент осуществлялся на основе матрицы полного трехфакторного эксперимента с обработкой результатов в программе *Statistika* и проверкой статистических гипотез по значимости коэффициентов получаемых уравнений регрессии и по адекватности полученных моделей. Доверительные значения коэффициентов, определенные по критерию Стьюдента, составили для прочности при сжатии 1 кПа и для коэффициента размягчения 0,1.

По результатам активного эксперимента и их статистической обработки установлен вид цифровых моделей – алгебраических полиномов, устанавливающих зависимостей между варьируемыми факторами и функциями отклика:

– для прочности при сжатии:

$$Y_1 = 142 + 38X_1 + 18X_2 + 5X_3 + 2X_1X_3 - 3X_2^2; \quad (1)$$

– коэффициента размягчения:

$$Y_2 = 0,5 + 0,1X_1 + 0,2X_3 + 0,1X_3. \quad (2)$$

Полученные модели проверены на адекватности по критерию Фишера. Установлено, что рассчитанные значения F -критериев не превышают табличного, и с соответствующей доверительной вероятностью (90 %) модель можно считать адекватной. Этот факт будет учтен при аналитической оптимизации математических моделей и их графической, а также инженерной интерпретации.

Анализ полинома, описывающего взаимосвязь между прочностью при сжатии и варьируемыми факторами, показывает, что эта функция (по своей сути являющаяся функцией нескольких переменных) по одной из этих переменных, а именно по расходу полимера (X_2), имеет локальный экстремум. Поэтому мы можем воспользоваться математическим аппаратом аналитической локальной оптимизации.

Аналитическая оптимизация основана на том, что функции для прочности и плотности $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$ и $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$ – алгебраические полиномы и к ним допустимо применение методов математического анализа, при условии, что не будет нарушаться условие адекватности. В рассматриваемом случае принята следующая схема:

– уравнение $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$ дифференцируют по X_2 и приравнивают к нулю, определяя экстремум функции Y_1 по X_2 ;

– решают функции $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$ и $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$ при $X_2 = \text{opt}$ и осуществляют локальную оптимизацию.

Аналитическая оптимизация включает следующую последовательность действий:

1) Определяем величину локального экстремума функции

$Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$ по X_2 :

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_2} = 5 - 6X_2 = 0 \rightarrow X_2 = \frac{5}{6} = 0,83.$$

2) Рассчитываем величину натурального значения расхода модификатора (соответствующего возможному получению максимальной прочности при сжатии затвердевшей штукатурной смеси), используя формулу декодирования фактора:

СПц = $9 + 0,83 \times 3 = 11,4$ % (с учетом дисперсии результатов 10–12 %).

3) Рассчитываем математические модели (полиномы) для оптимизированного значения фактора $X_2 = 0,83$:

– для прочности при сжатии:

$$Y_1 = 156 + 38X_1 + 5X_3 + 2X_1X_3: \quad (3)$$

– коэффициента размягчения:

$$Y_2 = 0,6 + 0,1X_1 + 0,1X_3. \quad (4)$$

Графическая интерпретация полученных зависимостей (3) и (4) позволила разработать номограмму, с помощью которой возможно решение прямой и обратной задач цифрового моделирования. Интерполяционные решения на всей области изменения расхода модифицированного вяжущего и содержания модификатора (факторов X_1, X_3) при оптимизированном значении фактора X_2 (оптимальное содержание портландцемента) представлены графически (рис. 3) в виде номограммы. В секторе I номограммы определяется прочность при сжатии; в секторе II – определяется коэффициент размягчения; в секторе III – средняя плотность.

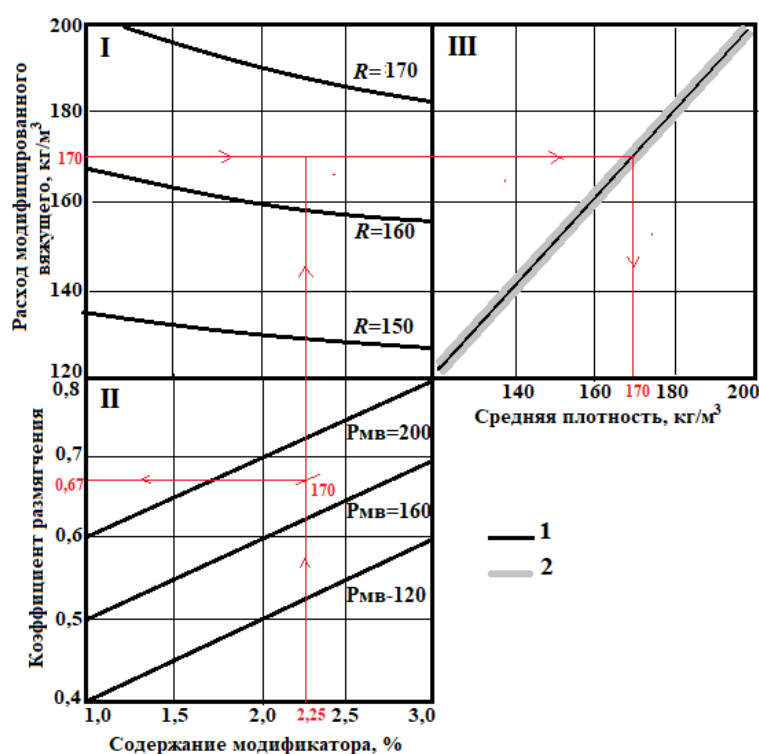


Рис. 3. Номограмма для оценки свойств ячеистого стекла по составу (линии со стрелками); оптимальный расход портландцемента 10–12 %. 1 – математическое ожидание результата; 2 – дисперсия результата (при нормальном распределении)

Номограмму можно использовать для прогнозирования свойств или подбора состава пеностекла холодного отверждения. Последовательность решения прогностической задачи следующая. Задаем расход модифицированного вяжущего (допустим 170 кг/м^3) и содержание модификатора (допустим 2,25%). В первом секторе из точки 170 кг/м^3 проводим прямую параллельную оси абсцисс до пересечения с прямой средней плотности во третьем секторе. Опускаем перпендикуляр на ось средней плотности и получаем значение, равное $170\text{--}172 \text{ кг/м}^3$. Во втором секторе из точки содержание модификатора 2,25 % проводим прямую параллельную оси ординат. При пересечении с прямой расхода модифицированного вяжущего 170 кг/м^3 (интерполяционная прямая) получаем точку, из которой опускаем перпендикуляр на ось ординат и получаем значение коэффициента размягчения равное 0,67.

Прогнозирование свойств композиционного вяжущего может также осуществляться с помощью реализации специальной программы для ЭВМ, алгоритм которой включает блок ввода данных и их кодировки (приведения к интервалу $[-1, 1]$), расчетный блок (на основе двухфакторных полиномов (3) и (4)), блок вывода результатов на дисплей компьютера или на печать.

На основе экспериментальных данных выяснилось, что процентное содержание добавки портландцемента, 10–12 %, позволяет получить оптимальные показатели по коэффициенту размягчения. Повышение прочности и коэффициента размягчения в системе «жидкое стекло – портландцемент – модификатор» основано на следующих механизмах. При взаимодействии компонентов (свободная вода в жидком стекле связывается с портландцементом)

образуются низкоосновные гидросиликаты кальция, а также гидроксид кальция, который впоследствии связывает свободные катионы натриевого жидкого стекла в нерастворимые соединения. Реакцию взаимодействия трехкальцевого силиката портландцемента и свободной воды в жидком стекле можно представить следующим образом:



Портландцемент выполняет функцию активатора твердения силикатной композиции, а также участвует в формировании повышенной водостойкости материала за счет образования сетки нерастворимых натрий-кальциевых соединений.

Исследования проводились в рамках реализации НИР ФНИ Минстроя РФ «Развитие теоретических основ получения особо легких неорганических строительных материалов и исследование влияния пористой структуры на их теплофизические и акустические характеристики».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энергетическая эффективность строительных систем : монография / А. Д. Жуков, Е. Ю. Боброва, И. В. Бессонов, Е. А. Медникова. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 329 с. – (Научная мысль). – ISBN 978-5-16-017479-2 ; ISBN 978-5-16-110007-3. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1897101>. – Текст : электронный.
2. Foam polymers in multifunctional insulating coatings / К. А. Ter-Zakaryan, A. D. Zhukov, E. Yu. Bobrova [et al.] // *Polymers*. – 2021. – № 13(21). – 3698. – <https://doi.org/10.3390/polym13213698>.
3. Теплоизоляционные стекломатериалы. Пеностекло : монография / Н. И. Минько, О. В. Пучка, М. Н. Степанова, С. С. Вайсера. – 2-е изд., испр. – Белгород : БГТУ, 2016. – 263 с. – Текст : непосредственный.
4. Мирюк, О. А. Ячеистые материалы на основе жидкого стекла / О. А. Мирюк. – Текст : электронный // *Universum : Технические науки : электронный научный журнал*. – 2015. – № 4-5 (17). – URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2162>.
5. Modified polyethylene foam for critical environments / К. А. Ter-Zakaryan, A. D. Zhukov, I. V. Bessonov [et. al.] // *Polymers*. – 2022. – № 14. – 4688. – <https://doi.org/10.3390/polym14214688>.
6. Zhukov, A. Ensuring the Durability of Buildings through the Use of Insulation Systems Based on Polyethylene Foam. Buildings / A. Zhukov, I. Stepina, S. Bazhenova. – 2022. – № 12 (11). – 1937. – <https://doi.org/10.3390/buildings12111937> – 10 Nov 2022.
7. Управление структурой и свойствами акустических материалов на основе пеностеклокомпозитов / В. С. Лесовик, С. В. Алексеев, И. В. Бессонов, С. С. Вайсера. – Текст : электронный // *Строительные материалы*. – 2018. – № 6. – С. 41–44. – <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-760-6-41-44>.
8. Влияние влагосодержания, воздухопроницаемости и плотности материала на его звукопоглощающие характеристики / С. С. Вайсера, О. В. Пучка, В. С. Лесовик [и др.]. – Текст : электронный // *Строительные материалы*. – 2017. – № 6. – С. 24–27. – <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-749-6-24-27>.
9. Lv, L. Application analysis of energy-saving, green and environmentally friendly building materials in engineering [J] / L. Lv. // *Engineering technology research*. – 2022. – № 7(11). – 123–125. – DOI 10.19537.
10. Wenchao Wang. On the Application of foam Glass in Interior Design / Wenchao Wang, Jiaqi Chi, Siqi Niu // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – 406. – 04033. – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340604033>.



11. Preparation, characterization and self-foaming mechanism of total-tailings-based foamed glass-ceramics / Nanyan Hu, Fanghui Fu, Binyu Luo [et al] // *Ceramics International*. – October 2023. – Volume 49, Issue 19, 1. – P. 31881–31890. – <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.07.149>.
12. Rodrigues, C. Prospective life cycle assessment of a novel building system with improved foam glass incorporating high recycled content / C. Rodrigues, J. König, F. Freire // *Sustainable Production and Consumption*. – March 2023. – Volume 36. – P. 161–170. – <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.01.002>.
13. Исследование эксплуатационных качеств вспененных материалов на основе жидкого стекла холодного отверждения / И. В. Бессонов, Б. И. Булгаков, О. В. Александрова, Э. А. Горбунова. – Текст : электронный // *Нанотехнологии в строительстве*. – 2023. – Том 15, № 5. – С. 424–437. – <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2023-15-5-424-437>. – EDN: WMFMFZ.
14. Малявский, Н. И. Кальций-силикатные отвердители жидкого стекла для получения водостойких щелочносиликатных утеплителей / Н. И. Малявский, В. В. Зверева. – Текст : электронный // *Интернет-вестник ВолгГАСУ*. – 2015. – Выпуск 2 (38). – Ст. 5. – URL: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>.
15. Лотов, В. А., Хабибулин Ш. А. Применение модифицированного жидкостекольного, вяжущего в производстве строительных материалов / В. А. Лотов, Ш. А. Хабибулин. – Текст : непосредственный // *Строительные материалы*. – 2015. – № 1. – С. 72–75.
16. Цифровые методы оптимизации составов бетонного полотна / Р. С. Поудел, И. В. Бессонов, А. Д. Жуков [и др.]. – Текст : электронный // *Строительные материалы*. – 2022. – № 6. – С. 20–24. – <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-803-6-20-24>.
17. Experimental identification of the fractional parameter of the fractional derivative standard linear solid model for fiber-reinforced rubber concrete / I. I. Popov, M. V. Shitikova, A. V. Levchenko [et al] // *Mechanics of advanced materials and structure*. Accepted 13 March 2023. – <https://doi.org/10.1080/15376494.2023.2191600>.

BESSONOV Igor Vyacheslavovich¹, candidate of technical sciences, chief science officer; ZHUKOV Aleksey Dmitrievich^{1,2}, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of construction materials; GORBUNOVA Elina Aleksandrovna^{1,2}, undergraduate student, engineer; GOVRYAKOV Ilya Sergeevich^{1,2}, postgraduate student, senior engineer; GUDKOV Pyotr Kirillovich³, teacher; BOGOMOLOVA Larisa Konstantinovna¹, candidate of chemical sciences, chief science officer

PREDICTION OF WATER RESISTANCE OF A HIGHLY POROUS MATERIAL BASED ON LIQUID GLASS

¹Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences

21, Lokomotivny Dr., Moscow, 127238, Russia. Tel.: +7 (495) 482-40-76;

e-mail: niisf@niisf.ru

²National Research Moscow State University of Civil Engineering

26, Yaroslavskoe Hwy, Moscow, Russia. Tel.: +7 (495) 781-80-07; e-mail: kanz@mgsu.ru

³Financial University under the Government of the Russian Federation

49/2, Leningradsky Ave., Moscow, 125993, Russia. Tel.: +7 (495) 249-52-49;

e-mail: academy@fa.ru

Key words: foamed liquid glass, cold curing, modified binder, active experiment, statistical processing, analytical optimization.

Foamed glass in its structure and composition of the matrix is a heat-insulating material, which combines the positive properties of both thermal insulations based on mineral fibers (strength characteristics and incombustibility) and cellular plastics (small-cell closed or quasi-closed porosity). The use of compositions based on cold-cured foamed liquid glass also reduces the energy costs of manufacturing products, as well as the negative impact on the environment.

The purpose of the research was to evaluate the strength characteristics and softening coefficient of foamed liquid glass based on a modified binder of cold curing, as well as to develop the basics of a methodology for predicting the properties of foamed liquid glass and selecting its composition. As a result of the research, static dependences of the strength and softening coefficient of the material on the flow of the modified binder, the content of Portland cement and the modifier were obtained. On the basis of analytical optimization, the optimal consumption of Portland cement was determined. A nomogram has been obtained, which can be used to solve the problem of predicting the properties of products depending on the prescription parameters.

REFERENCES

1. Zhukov A. D., Bobrova E. Yu., Bessonov I. V., Mednikova E. A. Energeticheskaya effektivnost stroitelnykh sistem [Energy efficiency of building systems] : monografiya. Moscow. INFRA-M. 2023. 329 p. (Nauchnaya mysl). - ISBN 978-5-16-017479-2 ; ISBN 978-5-16-110007-3. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1897101>.
2. Ter-Zakaryan K. A., Zhukov A. D., Bobrova E. Yu., Bessonov I. V., Mednikova E. A. Foam Polymers in Multifunctional Insulating Coatings. Polymers. 2021. № 13(21). 3698. – URL: <https://doi.org/10.3390/polym13213698>.
3. Minko N. I., Puchka O. V., Stepanova M. N., Vaysera S. S. Teploizolyatsionnye steklomaterialy. Penosteklo [Thermal insulation materials. Foam glass]: monografiya. 2-e izd., ispr. – Belgorod: BGTU, 2016. 263 p.
4. Miryuk O. A. Yacheistye materialy na osnove zhidkogo stekla [Cellular materials based on liquid glass]. Universum: Tekhnicheskie nauki zhurnal [Technical sciences] : elektron. nauch. zhurnal. 2015. № 4-5 (17). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2162>.
5. Ter-Zakaryan K. A., Zhukov A. D., Bessonov I. V., Bobrova E.Y., Pshunov T. A., Dotkulov K. T. Modified Polyethylene Foam for Critical Environments. Polymers 2022, № 14. 4688. – URL: <https://doi.org/10.3390/polym14214688>.
6. Zhukov A., Stepina I., Bazhenova S. Ensuring the Durability of Buildings through the Use of Insulation Systems Based on Polyethylene Foam. Buildings. – 2022. № 12 (11). 1937. – URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12111937> – 10 Nov 2022.
7. Lesovik V. S., Alekseev S. V., Bessonov I. V., Vaysera S. S. Upravlenie strukturoy i svoystvami akusticheskikh materialov na osnove penosteklokompozitov [Control of the structure and properties of acoustic materials based on foam glass composites]. Stroitelnye materialy [Building materials]. 2018. № 6. P. 41–44. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-760-6-41-44>.
8. Vaysera S. S., Puchka O. V., Lesovik V. S., Bessonov I. V., Alekseev S. V. Vliyanie vlagosoderzhaniya, vozdukhopronitsaemosti i plotnosti materiala na ego zvukopogloshchayushchie kharakteristiki [Influence of moisture content, breathability, and density of a material on its sound-absorbing characteristics]. Stroitelnye materialy [Building materials]. – 2017. – № 6. – P. 24–27. – DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2017-749-6-24-27>.
9. Lv L. Application analysis of energy-saving, green and environmentally friendly building materials in engineering [J]. Engineering technology research. – 2022. – № 7(11) : 123-125. DOI: 10.19537.



10. Wenchao Wang, Jiaqi Chi, Siqi Niu. On the Application of foam Glass in Interior Design. E3S Web of Conferences 406, 04033 (2023). – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340604033>.
11. Nanyan Hu, Fanghui, Binyu Luo, Yicheng Ye, Dunxi Chen, Zhiing Ou, Jiangli Li. Preparation, characterization and self-foaming mechanism of total-tailings-based foamed glass-ceramics. Ceramics International. Volume 49, Issue 19, 1. P. 31881-31890. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.07.149>.
12. Rodrigues C., König J., Freire F. Prospective life cycle assessment of a novel building system with improved foam glass incorporating high recycled content. Sustainable Production and Consumption. March 2023. Volume 36. P. 161–170. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.01.002>.
13. Bessonov I. V., Bulgakov B. I., Aleksandrova O. V., Gorbunova E. A. Issledovanie ekspluatatsionnykh kachestv vspenennykh materialov na osnove zhidkogo stekla kholodnogo otverzhdeniya [Researching performance qualities of foamed materials based on cold-cured liquid glass]. Nanotekhnologii v stroitelstve [Nanotechnology in construction]. 2023. Vol. 15, № 5. P. 424–437. – URL: <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2023-15-5-424-437>. EDN: WMFMFZ.
14. Malyavsky N. I., Zvereva V. V. Kaltsiy-silikatnye otverditeli zhidkogo stekla dlya polucheniya vodostoykikh shchyolochnosilikatnykh utepliteley [Calcium-silicate hardeners of liquid glass to produce water-resistant alkali-silicate insulation materials]. Internet-vestnik VolgGASU [The online bulletin of VolgGASU]. 2015. Vol. 2(38). P. 5. – URL: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>.
15. Lotov V. A., Khabibulin Sh. A. Primenenie modifitsirovannogo zhidkostekolnogo vyazhushchego v proizvodstve stroitelnykh materialov [The use of modified liquid glass binder in the production of building materials]. Stroitelnye materialy [Building materials]. 2015. № 1. P. 72-75.
16. Poudel R. S., Bessonov I. V., Zhukov A. D., Gudkov P. K., Gorbunova E. A., Mikhaylik E. D. Tsifrovye metody optimizatsii sostavov betonного polotna [Digital methods for optimizing concrete web compositions]. Stroitelnye materialy [Building materials]. 2022. № 6. P. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-803-6-20-24>.
17. Popov I. I., Shitikova M. V., Levchenko A. V., Zhukov A. D. Experimental identification of the fractional parameter of the fractional derivative standard linear solid model for fiber-reinforced rubber concrete. Mechanics of advanced materials and structure. Accepted 13 March 2023. – URL: <https://doi.org/10.1080/15376494.2023.2191600>.

© И. В. Бессонов, А. Д. Жуков, Э. А. Горбунова, И. С. Говряков, П. К. Гудков, Л. К. Богомолова, 2024

Получено: 01.04.2024 г.

УДК 627.08

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

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОСТИ ДЛЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИН РЕК**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;
эл. почта: gs@nngasu.ru

Ключевые слова: фрактальность, длина реки, площадь водосбора, картографический материал, извилистость.

Приведены понятия фрактальности и фрактальной размерности, описаны методы определения фрактальности, показана оценка длин рек России при помощи коэффициента извилистости.

Как известно, новое – это хорошо забытое старое. Иными словами, появление чего-либо нового еще не значит, что ранее не было чего-то похожего. Вернее, появление нового – это, как правило, повторение, может быть, и неосознанное или неизвестное автору новизны, чего-то ранее известного.

В этой связи вспоминается рассмотрение на кафедре гидротехнических сооружений ГИСИ (ННГАСУ) диссертационной работы аспиранта Сибирского филиала ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Аспирант в диссертационной работе предложил классификацию грунтовых плотин в условиях вечной мерзлоты. После его доклада один из сотрудников кафедры отметил, что такая классификация ранее разработана профессором П. А. Богословским, но в несколько иной форме. При этом была найдена научная статья, в которой была изложена классификация П. А. Богословского. Оказалось, что аспирант был не знаком с этой статьей.

Еще пример. В работе Соболя С. В. [1, с. 52, формула (3.1)] приведена формула связи длины реки и площади водосбора в виде:

$$L=kF^h, \quad (1)$$

где L – длина реки; k и h – некоторые коэффициенты; F – площадь водосбора.

Формула (1) называется в [1] законом Хака со ссылкой на публикацию Хака от 1957 г. Однако еще в 1946 г. С. В. Григорьев [2] приводил аналогичную степенную зависимость длины реки и площади водосбора. Естественно, Хак не мог знать о работе С. В. Григорьева.

В последние 20-30 лет в российской науке появилось много работ, посвященных так называемым фракталам и фрактальности. Список работ приведен в [1]. Из этой монографии следует, что первым исследователем фракталов является математик из США *B. Mandelbrot* (Мандельброт), опубликовавший начала фрактальной геометрии в 1977 г, а толчок к изучению фракталов в России дала, вероятно, книга Федера Е., переведенная на русский язык в 1991 году. Вероятно, также, что ранее российские (советские) ученые познакомились с фрактальной геометрией на языке оригинала.



Перейдем теперь к понятию «фрактал» (*fractal*, от лат. *fractus*), что в переводе означает дробный, ломаный, фрагментарный [1]. Очевидно, что «фрактальность» можно перевести как дробность, ломаность, извилистость.

По [1] фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому. Одной из основных характеристик фракталов является фрактальная размерность.

Известно [1], что размерностью называется количество переменных, необходимых для описания положения точки в пространстве. Исходя из этого, различают одномерность – размерность равна 1, двумерность – размерность равна 2 и трехмерность – размерность равна 3. Эти размерности принято называть топологическими.

Для фрактальных объектов величина размерности D меньше топологической размерности; она выражается нецелым числом.

Для определения фрактальной размерности используется зависимость [1]:

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (\ln N(\varepsilon) / \ln \varepsilon), \quad (1)$$

где ε – характерный размер; $N(\varepsilon)$ – число областей с размерами ε .

При измерении длины L ее величина будет

$$L = N \cdot \varepsilon. \quad (2)$$

Фрактальная размерность характеризует степень извилистости линии: величина D тем больше, чем более извилистая линия длины.

В этом смысле фрактальная размерность аналогична коэффициенту извилистости рек. Это подтверждается и в монографии [1, табл. 3.3].

Фрактальная размерность используется для определения длины, измеренной по картам разного масштаба. Эта процедура требует предварительной оценки величины D .

Для определения фрактальной размерности линии по ее изображению используется метод деления [1]: выбирается раствор воображаемого циркуля ε ; осуществляется проход линии этим циркулем и подсчитывается понадобившееся число ходов $N(\varepsilon)$; повторяются приведенные шаги с увеличением раствора циркуля; строится зависимость $N(\varepsilon)$ в билогарифмических координатах; оценивается наклон этого графика, он и считается фрактальной размерностью с обратным знаком.

При измерении длины линии по картам различного масштаба результаты будут разными. Поэтому рекомендуется [1] в сообщениях о длине линии указывать масштаб картографического материала.

Зная фрактальную размерность, можно вычислить, какой бы была длина при измерении по карте другого масштаба.

По выражению

$$N(\varepsilon) = N(\varepsilon')(\varepsilon'/\varepsilon)^D, \quad (3)$$

где ε' – длина мерного отрезка на карте другого масштаба, длина линии составит

$$L = N(\varepsilon)\varepsilon. \quad (4)$$

Таким образом, фрактальность позволяет уточнять оценки длин линий.

Однако для уточнения длин рек с учетом масштаба картографического материала еще при подготовке книги [3] (к сожалению, в [3] не указано, когда именно) была предложена методика этого уточнения с использованием



коэффициента извилистости (коэффициент извилистости определяется как отношение длины реки к длине прямой, соединяющей на карте исток и устье реки); последний был определен для 21 вида извилистости – от почти прямого до вида с извилинами до 2 мм на карте М 1:100 000. С использованием коэффициента извилистости длина реки уточняется достаточно просто, без применения фрактальности и фрактальной размерности.

Из сказанного следует вывод, что фрактальность ранее использовалась как извилистость, т. е. и здесь «хорошо забытое (или неизвестное) старое».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соболев, С. В. Фрактальные параметры водных объектов : монография / С. В. Соболев ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2019. – 232 с. – Текст : непосредственный.
2. Григорьев, С. В. Потенциальные энергоресурсы малых рек СССР / С. В. Григорьев ; под редакцией Д. Л. Соколовского. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1946. – 115 с. – Текст : непосредственный.
3. Гидрографические характеристики речных бассейнов Европейской территории СССР / Под редакцией В. В. Куприянова ; Гидрологический институт. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1971. – 99 с. – Текст : непосредственный.

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

USING FRACTALITY FOR CARTOGRAPHIC DETERMINATION OF RIVER LENGTHS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-42-89;
e-mail: gs@nngasu.ru

Key words: fractality, river length, catchment area, cartographic material, tortuosity.

The concepts of fractality and fractal dimension are given, methods for determining fractality are described, and an estimate of the lengths of Russian rivers using the tortuosity coefficient is shown.

REFERENCES

1. Sobol S. V. Fraktalnye parametry vodnykh obektov [Fractal parameters of water objects]: monografiya / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2019. – 232 p.
2. Grigorev S. V. Potentsialnye energoresursy malykh rek SSSR [Potential energy resources of small rivers of the USSR] / Pod red. D. L. Sokolovskogo. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1946. – 115 p.
3. Gidrograficheskie kharakteristiki rechnykh basseynov Evropeyskoy territorii SSSR [Hydrographic characteristics of river basins of the European territory of the USSR] / Pod red. V. V. Kupriyanova. – Gidrologicheskiy in-t. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1971. – 99 p.

© А. В. Февралев, 2024

Получено: 13.04.2024 г.

УДК 624.05:693.5

А. С. КРИВЕНЦЕВ, магистрант кафедры организации строительства;
Р. В. МОТЫЛЕВ, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой организации строительства

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ МЕТОДОМ ГРЕЮЩИХ ПРОВОДОВ СОВМЕСТНО С ХИМИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4.

Тел.: (812) 575-05-34; факс: (812) 316-32-61; эл. почта: alecskriventsev2029@mail.ru; motylev@yandex.ru

Ключевые слова: зимнее бетонирование, греющие провода, химические добавки, продолжительность прогрева, суперпластификатор.

Поскольку Российская Федерация занимает первое место по площади среди всех стран мира и внушительная ее часть находится в зонах с высокой отрицательной температурой, а строительство идет круглый год, важно создать условия схватывания бетонной смеси и набора прочности бетона независимо от климатических условий. Так как существует множество методов зимнего бетонирования, следует выбрать оптимальные методы для отдельного вида конструкций и изучить их возможное комбинирование. Объектом исследования являются технологии зимнего бетонирования с использованием греющих проводов и химических добавок.

Цель работы – оценка эффективности комбинирования методов зимнего бетонирования. В результате исследования были поставлены следующие задачи: расчет параметров греющих проводов и продолжительности изотермической выдержки, исследование влияния суперпластификатора Реламикс Т-2 на набор прочности бетона, сравнение сроков набора прочности бетона при комбинированном методе зимнего бетонирования и в нормальных условиях твердения.

Во время проведения монолитных работ при отрицательных температурах может произойти замерзание бетонной смеси. На раннем этапе твердения это может привести к ряду отрицательных последствий: понижение заявленной прочности более чем на 50 %, негативное влияние на долговечность, замедление или остановка гидратации цемента, что может привести к невозможности твердения.

Зимним бетонированием монолитных конструкций считается бетонирование, осуществляемое при ожидаемой среднесуточной температуре наружного воздуха ниже +5 °С и минимальной суточной температуре ниже 0 °С.

В своих трудах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14], авторы изучали и предлагали различные способы зимнего бетонирования, такие как: синэргобетонирование, предварительный электроразогрев бетонной смеси, химические добавки, метод термоса, греющие провода, электродный прогрев и другие. В рамках данного исследования на основании изученных технологий



хотим предложить одно из возможных комбинирований – метод греющие провода совместно с химическими добавками.

Исходные данные для оценки эффективности

Плита перекрытия в средней общеобразовательной школе в городе Санкт-Петербурге, с размерами $A \times B \times C$ (45 400 × 18 400 × 220 мм), объемом $V = 160,4 \text{ м}^3$, площадью $S = 729,03 \text{ м}^2$.

Модуль поверхности охлаждения перекрытия $M_{\text{п}}$ равен:

$$M_{\text{п}} = \frac{F}{V} = \frac{729,03}{160,4} \approx 5,0 \text{ м}^{-1}. \quad (1)$$

Бетон класса В25, расход цемента 400 кг/м^3 ; опалубка – ламинированная фанера толщиной 20 мм. Открытая поверхность перекрытия утепляется минераловатными плитами толщиной 80 мм, термоактивными гибкими покрытиями (ТАГП).

Условия бетонирования, следующие:

- температура бетонной смеси, уложенной в опалубку, $+10 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура изотермического выдерживания бетона $+45 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура наружного воздуха: днем $-16 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ночью $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- скорость ветра 3 м/с .

Способ прогрева – греющие провода ПНСВ.

Химические добавки – суперпластификатор Реламикс Т-2.

Поскольку открытая верхняя поверхность перекрытия надежно укрыта теплоизоляционным материалом, потери теплоты через нее не учитываются.

Расчет греющих проводов

Данный расчет произведен по формулам (2, 3, 4, 5) и номограммам рис. 1 и рис. 3 согласно рекомендациям [13].

Рассчитываем коэффициент теплопередачи K опалубки по формуле (2)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\lambda}} + \frac{\sum \delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\kappa}}} = \frac{1}{\frac{1}{2,8} + \frac{0,020}{0,4} + \frac{1}{25}} = 2,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}, \quad (2)$$

где $\alpha_{\lambda} = 2,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}$ – коэффициент передачи теплоты от опалубки излучением; $\delta_i = 0,020 \text{ м}$ – толщина ламинированной фанеры; $\lambda_i = 0,4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}$ – коэффициент теплопроводности ламинированной фанеры; $\alpha_{\kappa} = 25,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}$ – коэффициент передачи теплоты конвекцией при скорости ветра $3,0 \text{ м/с}$.

Определяем ΔT – разницу температур нагретого бетона ($45 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и средней температуры наружного воздуха в течение суток ($-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

$$\Delta T = 45 - (-18) = 63 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (3)$$

По номограмме рис. 1 находим необходимую удельную мощность нагрева бетона $P_{\text{уд}}$.

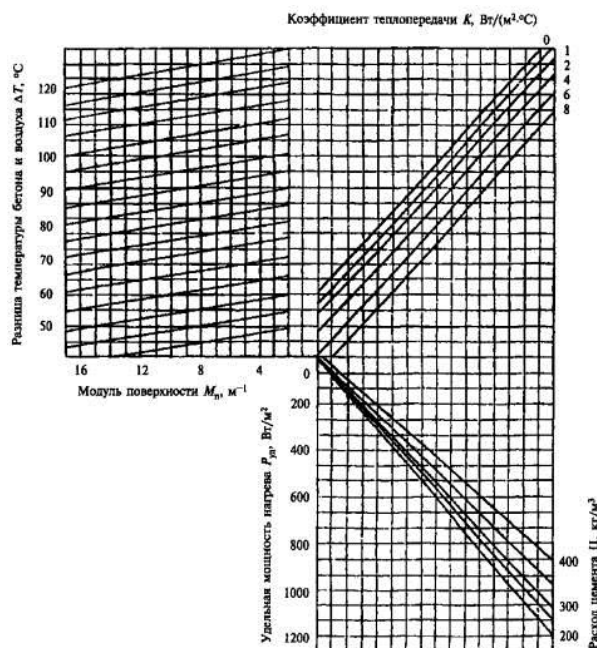


Рис. 1. Номограмма для определения удельной мощности нагрева бетона

Следует найти точку пересечения прямой $\Delta T = 63^\circ\text{C}$ с ординатой $M_n = 5,0 \text{ м}^{-1}$ модуля поверхности перекрытия, далее проводится горизонталь из этой точки до пересечения с прямой коэффициента теплопередачи, равной $K = 2,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Перпендикуляр из этой точки опускаем на прямую расхода цемента $\text{Ц} = 400 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Проекция полученной точки на ординату удельной мощности нагрева показывает $P_{уд} = 220 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Определяем шаг нагревательных проводов b по формуле (4)

$$b = \frac{1}{\frac{P_{уд}}{p} + 1} = \frac{1}{\frac{220}{30} + 1} = 0,12 \text{ м}, \quad (4)$$

где $p = 34 \text{ Вт}/\text{м}$ – удельная нагрузка на провод $d = 1,1\text{--}1,4$ из рекомендуемого интервала $p = 30\text{--}35 \text{ Вт}/\text{м}$ для армированных конструкций. Для удобства принимаем шаг $0,1 \text{ м}$.

Длина провода L (5), требуемого для укладки в нижнем уровне арматуры по схеме рис. 2б с шагом 100 мм , равна

$$L = \frac{B}{\frac{A}{b} + 1} + A = \frac{18,4}{\frac{45,4}{0,1} + 1} = 45,4 \approx 8 \text{ 420 м}. \quad (5)$$

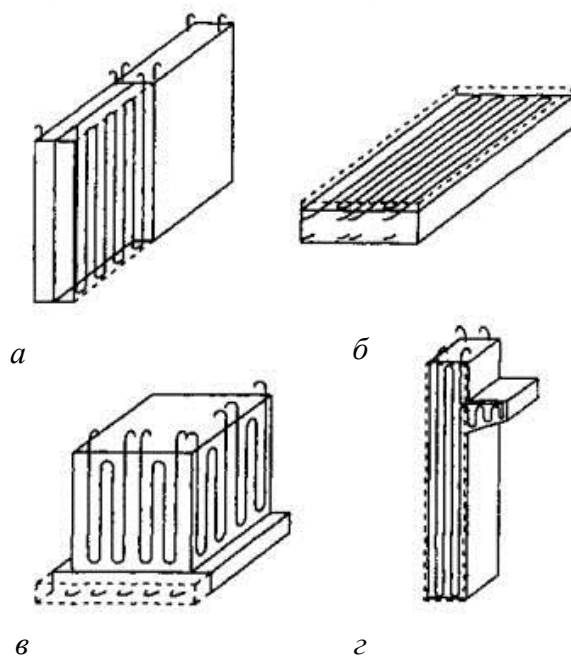


Рис. 2. Навивка нагревательных проводов в типовых конструкциях

Затем по номограмме рис. 3 необходимо подобрать длину нагревателя, ближайшую кратной длине провода, и рабочее напряжение.

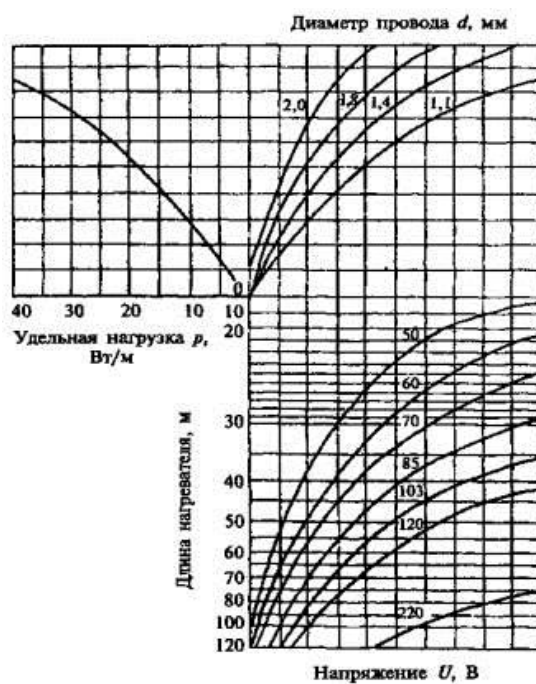


Рис. 3. Номограмма для определения длины нагревателей

Визуально проводим кривую, равную $d = 1,2$ мм, в промежутке между кривыми 1,1 и 1,4 мм диаметра провода d .

Проводим ординату из точки на абсциссе удельной нагрузки $p = 34$ Вт/м до точки пересечения с кривой. Из этой точки по горизонтали ищем точку пересечения с кривой $d = 1,2$ мм. Перпендикуляр из этой точки опускаем на кривые рабочего напряжения U, B . Подбор длины нагревателя происходит путем проецирования точек пересечения на ординату длины нагревателя. Ближайшее значение длины нагревателя составляет 22 м при рабочем напряжении $U = 55$ В.

Следовательно, в перекрытие раскладывается 383 нагревателя длиной по 22 м каждый.

Удельный расход провода (на 1 м^3 бетона) составит $8420/160,4 \approx 52,5$ м.

Режим термообработки бетона определяется с учетом рекомендаций раздела 5.2 [13] и при условии, что прочность бетона составит не менее 70 % R_{28} для плиты перекрытия.

Продолжительность нагрева при скорости нагрева $4,0$ °С/ч составляет не менее 9 часов, изотермическая выдержка при $+45$ °С по графику рис. 4 – 48 часов. Остывание до нуля при скорости остывания $2,0$ °С/ч – не менее 22 часов.

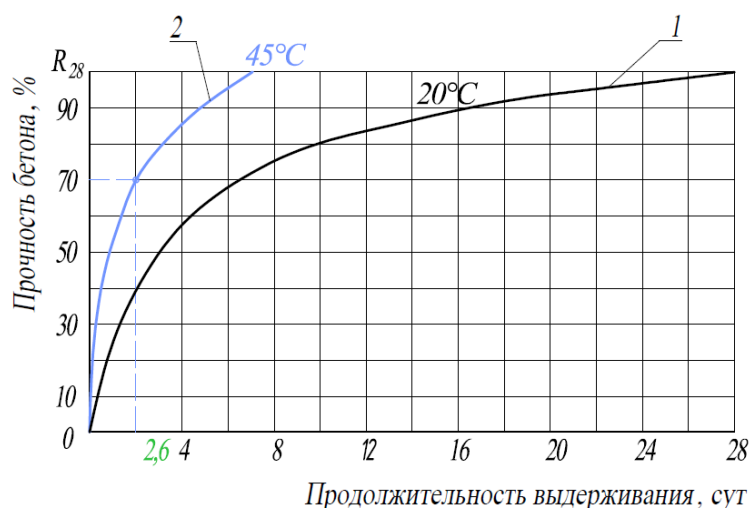


Рис. 4. Прочность бетона в зависимости от температуры и продолжительности выдерживания: 1 – набор прочности в нормальных условиях твердения; 2 – набор прочности при прогреве греющими проводами ПНСВ

Из графика видно, что достижение прочности до 70 % R_{28} при температуре $+45$ °С произойдет за двое суток (за 48 часов).

Влияние на набор прочности бетона суперпластификатора Реламикс Т–2.

Реламикс Т–2 является комплексной добавкой, относящейся к классу суперпластификаторов и ускорителей твердения, которая уплотняет структуру бетона и обеспечивает повышение его морозостойкости и водонепроницаемости.

При этом она не оказывает коррозионного воздействия на арматуру [12].

Применение данной добавки в количестве 1 % от массы цемента позволяет:

- сократить время на достижение распалубочной прочности;
- снизить расход цемента в равноподвижных смесях на 20 %;
- увеличить прочностные характеристики бетона на 25 %, которые

представлены в табл. 1.

Введем добавку Реламикс Т–2 в количестве 1 % от массы цемента.

$$T_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{ц}} \cdot C}{100 \%} = \frac{400 \cdot 1}{100} = 4,0 \text{ кг}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{ц}}=400$ – расход цемента, C – процент от массы цемента.

Таблица 1

Влияние суперпластифицирующей добавки Реламикс Т-2 на свойства бетона

Добавка		Бетонная смесь				Рсж.бет., Мпа, в возрасте, сут.			
Состав	Дозировка, %	В/Ц	Расход цемента, кг/м ³	ОК	Плотность, кг/м ³	1	2	7	28
Без добавки	-	0,5	358	3	2395	5,7	13,6	26,8	39,6
Реламикс Т-2	1	0,44	352	3	2390	10,3	23,8	44,2	51,5

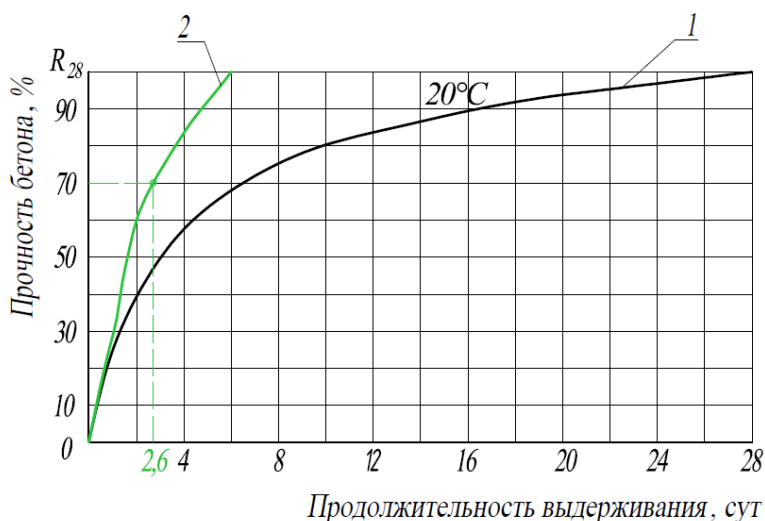


Рис. 5. Прочность бетона в зависимости от температуры и продолжительности выдерживания: 1 – набор прочности в нормальных условиях твердения; 2 – набор прочности с химической добавкой Реламикс Т-2

Из графика видно, что достижение прочности до 70 % R_{28} с добавкой Реламикс Т-2 произойдет за 2,6 суток (за 63 часа).

Сравнение сроков набора прочности бетона при комбинированном методе зимнего бетонирования и в нормальных условиях твердения

В нормальных условиях твердения бетонной смеси, без добавок и прогрева, бетон набирает прочность 70 % R_{28} за 7 суток, представленную в часах в табл. 2.

При комбинировании греющих проводов ПНСВ и суперпластификатора Реламикс Т-2 получен следующий график прочности бетона в зависимости от температуры и продолжительности выдерживания (рис. 6).

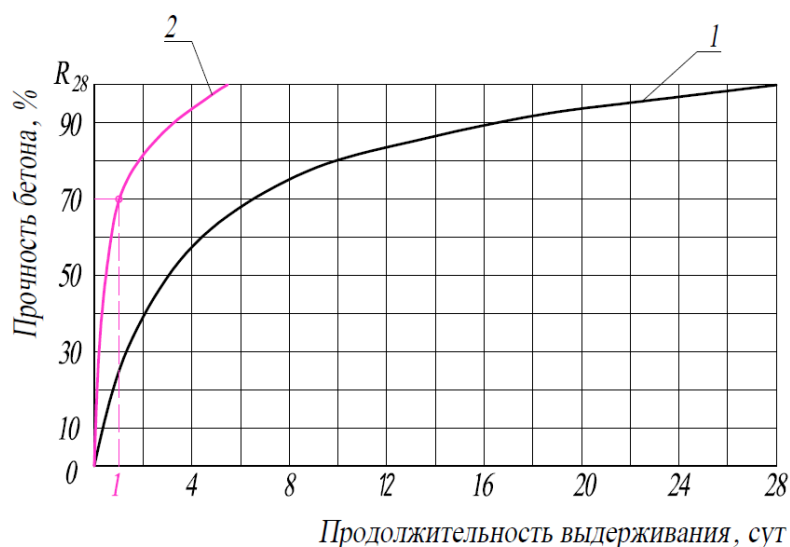


Рис. 6. Прочность бетона в зависимости от температуры и продолжительности выдерживания: 1 – набор прочности в нормальных условиях твердения; 2 – комбинирование греющих проводов ПНСВ с суперпластификатором Реламикс Т-2

Таблица 2

Набор распалубочной прочности в зависимости от метода зимнего бетонирования

Метод зимнего бетонирования	Время набора распалубочной прочности 70 % R_{28} , часы
В нормальных условиях твердения	168
При прогреве греющими проводами	48
При использовании суперпластификатора «Реламикс Т-2»	62,5
При комбинировании греющие провода + суперпластификатор «Реламикс Т-2»	24

Вывод: комбинирование методов зимнего бетонирования с использованием греющих проводов и химических добавок позволяет набрать бетону распалубочную прочность 70 % R_{28} за 24 часа, что:

- на 144 часа быстрее, чем набор прочности 70 % R_{28} в нормальных условиях;
- на 24 часа быстрее, чем набор прочности 70 % R_{28} при прогреве только греющими проводами при температуре 45 °С;
- на 38,5 часов быстрее, чем набор прочности 70 % R_{28} с применением только суперпластификатора «Реламикс Т-2».

Данное комбинирование даст возможность сократить сроки проведения работ по бетонированию плитных конструкций с подобным модулем поверхности при отрицательных температурах, позволит сократить сроки строительства в целом – сдвинет сроки всех последующих работ в календарном графике, позволит сэкономить на аренде механизмов, применяемых при проведении монолитных работ.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арбенев, А. С. От электротермоса к синэргобетонированию / А. С. Арбенев ; Владимирский государственный технический университет. – Владимир : ВГТУ, 1996. – 272 с. : ил. – ISBN 5-89368-001-4. – Текст : непосредственный.
2. Арбенев, А. С. Технология бетонирования с электроразогревом бетонной смеси / А. С. Арбенев. – Москва : Стройиздат, 1975. – 107 с. – Текст : непосредственный.
3. Головнев, С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С. Г. Головнев. – Челябинск : ЮУрГУ, 1999. – 156 с. – ISBN 5696011470. – Текст : непосредственный.
4. Головнев, С. Г. Производство бетонных работ в зимних условиях. Обеспечение качества и эффективность / С. Г. Головнев, Ю. М. Красный, Д. Ю. Красный. – Москва : Инфра-Инженерия, 2012. – 336 с. – ISBN 978-5-9729-0049-7. – Текст : непосредственный.
5. Дроздов, А. Д. Разогрев бетонной смеси в установке непрерывного действия / А. Д. Дроздов, Л. М. Колчеданцев. – Текст : непосредственный // Механизация и автоматизация технологических процессов на предприятиях стройиндустрии и строительных материалов : тезисы докладов, 21-22 сентября. – Челябинск : УДНТП. – 1987. – С. 55–57.
6. Дроздов, А. Д. Возведение монолитных конструкций с использованием установок форсированного непрерывного электроразогрева бетонной смеси / А. Д. Дроздов. – Текст : непосредственный // Пути повышения технического уровня строительства в Тюменской области : областная научно-практическая конференция, 29-30 мая 1987 г. : тезисы докладов / Тюменский инженерно-строительный институт. – Тюмень, 1987. – С. 127–128.
7. Кармаза, М. В. Технологии применения противоморозных добавок при зимнем бетонировании / М. В. Кармаза, Р. В. Мотылев. – Текст : непосредственный // Journal of Technical and Natural Sciences. – 2018. – № 9. – С. 8–14.
8. Технологические основы монолитного бетона. Зимнее бетонирование : монография / Л. М. Колчеданцев, А. П. Васин, И. Г. Осипенкова, О. Г. Ступакова / под редакцией Л. М. Колчеданцева. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 280 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2182-4. – Текст : непосредственный.
9. Колчеданцев, Л. М. Бетонирование сборных и монолитных конструкций с термовиброобработкой смесей / Л. М. Колчеданцев. – Текст : непосредственный // Бетон и железобетон. – 1999. – № 1. – С. 9-10.
10. Колчеданцев, Л. М. Совершенствование методики расчета режима выдерживания бетона в зимнее время методом «термоса»/ Л. М. Колчеданцев, А. Д. Егозаров. – Текст : непосредственный // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 4 (51). – С. 95–99.
11. Копылов, В. Д. Устройство монолитных конструкций при отрицательных температурах среды : монография / В. Д. Копылов. – Москва : АСВ, 2014. – 184 с. – (Технологии строительства). – ISBN 978-5-4323-0051-5. – Текст : непосредственный.
12. Круглый стол : товарные бетоны, составы, добавки функциональные - пластификаторы, способы получения, заводы, инновационные направления развития. – Текст : непосредственный // Технологии бетонов. – 2016. – № 11-12 (124-125). – С. 17–25.
13. МДС 12-48.2009. Рекомендации по электрообогреву монолитного бетона и железобетона нагревательными проводами / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – Москва, 1989. – 20 с. – Текст : непосредственный.



14. Хвостова, А. Г. Использование греющей опалубки при зимнем бетонировании строительных конструкций / А. Г. Хвостова, Р. В. Мотылев. – Текст : непосредственный // Научные технологии и инновации (XXV научные чтения) : Международная научно-практическая конференция, Белгород, 23 ноября 2023 г. : сборник докладов / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – Белгород, 2023. – С. 233–237.

KRIVENTSEV Aleksandr Sergeevich, undergraduate student of the chair of construction organization; MOTYLYOV Roman Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of construction organization

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF COMBINING THE TECHNOLOGY OF WINTER CONCRETING OF THE FLOOR SLAB BY THE METHOD OF HEATING WIRES TOGETHER WITH CHEMICAL ADDITIVES

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
4, 2nd Krasnoarmeyskaya St., Saint-Petersburg, 190005, Russia. Tel.: +7 (812) 575-05-34;
fax: +7 (812) 316-32-61;
e-mail: aleckskriventsev2029@mail.ru; motylev@yandex.ru

Key words: winter concreting, heating wires, chemical additives, heating duration, superplasticizer.

Since the Russian Federation occupies the first place in terms of area among all countries of the world, and an impressive part of it is located in areas with high negative temperatures, and construction is underway all year round, it is important to create conditions for setting the concrete mixture and gaining concrete strength, regardless of climatic conditions. Since there are many methods of winter concreting, it is necessary to choose the best methods for a particular type of structure and study their possible combination. The object of the study is the technology of winter concreting using heating wires and chemical additives. The purpose of the work is to evaluate the effectiveness of combining winter concreting methods. As a result of the study, the following tasks were set: calculation of the parameters of the heating wires and the duration of the isothermal exposure, investigation of the effect of the Relamix T-2 superplasticizer on concrete strength gain, comparison of the terms of concrete strength gain with the combined method of winter concreting and under normal hardening conditions.

REFERENCES

1. Arbenev A. S. Ot elektrotermosa k sinergobetonirovaniyu [From electrothermosis to synergobetonning]. Vladimir. gos. tekhnich. un-t. Vladimir, VGTU. 1996. 272 p. : il. – ISBN 5-89368-001-4.
2. Arbenev A. S. Tekhnologiya betonirovaniya s elektrorazogrevom betonnoy smesi [Technology of concreting with electric heating of concrete mixture]. – Moscow : Stroyizdat, 1975. 107 p.
3. Golovnyov S. G. Tekhnologiya zimnego betonirovaniya. Optimizatsiya parametrov i vybor metodov [Technology of winter concreting. Optimization of parameters and choice of methods] // Chelyabinsk : YuUrGU, 1999. – 156 p. – ISBN 5696011470.
4. Golovnyov S. G., Krasny Yu. M., Krasny D. Yu. Proizvodstvo betonnykh rabot v zimnikh usloviyakh. Obespechenie kachestva i effektivnost [Production of concrete works in zimnikh usloviyakh. Obespechenie kachestva i effektivnost]



winter conditions. Quality assurance and efficiency]. Moscow : Infra-Enzheneriya, 2012. 336 p. – ISBN 978-5-9729-0049-7.

5. Drozdov A. D., Kolchedantsev L. M. Razogrev betonnoy smesi v ustanovke nepreryvnogo deystviya [Heating of concrete mix in a continuous-action installation] // Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov na predpriyatiyakh stroyindustrii i stroitelnykh materialov [Mechanization and automation of technological processes at enterprises of the construction industry and building materials] : tezisy dokladov, 21-22 sentyabrya. – Chelyabinsk : UDNTU. – 1987. – P. 55–57.

6. Drozdov A. D. Vozvedenie monolitnykh konstruksiy s ispolzovaniem ustanovok forsirovannogo nepreryvnogo elektrorazogreva betonnoy smesi [Construction of monolithic structures using installations of forced continuous electric heating of concrete mix] // Puti povysheniya tekhnicheskogo urovnya stroitelstva v Tyumenskoy oblasti [Ways to improve the technical level of construction in the Tyumen region] : oblastnaya nauchno-praktich. konf., 29-30 maya 1987 g. : tezisy dokladov / Tyumen. inzhener.-stroit. in-t. – Tyumen, 1987. – P. 127–128.

7. Karmaza M. V., Motylyov R. V. Tekhnologii primeneniya protivomoroznykh dobavok pti zimnem betonirovanii [Technologies for the use of antifreeze additives in winter concreting] / Journal of Technical and Natural Sciences. – 2018. – № 9. – P. 8–14.

8. Kolchedantsev L. M., Vasin A. P., Osipenkova I. G., Stupakova O. G. Tekhnologicheskie osnovy monolitnogo betona. Zimnee betonirovanie [Technological foundations of monolithic concrete. Winter concreting] : monografiya / pod red. L. M. Kolchedantseva. Saint-Petersburg : Lan, 2016. 280 p. – (Uchebniki dlya vuzov. Spetsialnaya literatura). – ISBN 978-5-8114-2182-4.

9. Kolchedantsev L. M. Betonirovanie sbornyykh i monolitnykh konstruksiy s termovibroobrabotkoy smesey [Concreting prefabricated and monolithic structures with thermal vibration treatment of mixtures] // Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. – 1999. – № 1. – P. 9–10.

10. Kolchedantsev L. M., Egozarov A. D. Sovershenstvovanie metodiki raschyota rezhima vyderzhivaniya betona v zimnee vremya metodom “termosa” [Improvement of the methodology for calculating the concrete holding regime in winter by the thermos method] / Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2015. – № 4(51). – P. 95–99.

11. Kopylov V. D. Ustroystvo monolitnykh konstruksiy pri otritsatelnykh temperaturakh sredy [Arrangement of monolithic structures at negative ambient temperatures] : monografiya. – Moscow : ASV, 2014. – 184 p. – (Tekhnologii stroitelstva). – ISBN 978-5-4323-0051-5.

12. Krugly stol : tovarnye betony, sostavy, dobavki funktsionalnye - plastifikatory, sposoby polucheniya, zavody, innovatsionnye napravleniya razvitiya [Round table: commercial concretes, compositions, functional additives – plasticizers, production methods, plants, innovative development directions] // Tekhnologii betonov [Concrete technologies]. – 2016. – № 11-12(124-125). – P. 17–25.

13. MDS 12-48.2009. Rekomendatsii po elektroobogrevu monolitnogo betona i zhelezobetona nagrevatelnyimi provodami [Recommendations on electric heating of monolithic concrete and reinforced concrete with heating wires] / TsNIIOMTP Gosstroya SSSR. – Moscow, 1989. – 20 p.

14. Khvostova A. G., Motylyov R. V. Ispolzovanie greyushchey opalubki pri zimnem betonirovanii stroitelnykh konstruksiy [The use of heating formwork during the winter concreting of building structures] / Naukoyomkie tekhnologii i innovatsii (XXV nauchnye chteniya) [High-tech technologies and innovations (XXV scientific readings)] : Mezhdunarodnaya nauchno-praktich. konf., Belgorod, 23 noyabrya 2023 g. : sbornik dokladov : Belgorod. gos. tekhnolog. un-t im. V. G. Shukhova. – Belgorod, 2023. – P. 233–237.

© А. С. Кривенцев, Р. В. Мотылев, 2024

Получено: 11.04.2024 г.



УДК 691.327.3

О. Б. КОНДРАШКИН, зав. кафедрой технологии строительства, канд. техн. наук, доц.; **В. А. ВОЙТОВИЧ**, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительства; **Т. А. ГАВРИКОВА**, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительства; **И. А. ГУЛИН**, ст. преп. кафедры технологии строительства

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЛИНОГИПСОВОГО БЕТОНА В СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЯХ ЗДАНИЙ

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: глиногипсовый бетон, древесные опилки, истинная плотность, заполнитель, вяжущие вещества, статические показатели.

Приводятся результаты исследований по получению глиногипсобетона с использованием строительного гипса, мелких частиц глины и древесных опилок, позволяющие расширить применение в современном строительстве эффективных строительных материалов и изделий. Определены величины показателей прочности образцов глиногипсового бетона после их высушивания в естественных условиях до момента окончания процесса уменьшения массы образцов. Проведена статическая обработка полученных результатов. Надежность эксперимента обеспечена, показатель точности меньше 5 %. Установлена возможность получения экологически чистого строительного материала – глиногипсового бетона – с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности и использование его в малоэтажном строительстве, а также для наружных стен каркасных зданий.

В настоящее время одной из главных задач строительства является обеспечение современного строительства эффективными строительными материалами и изделиями. Большое значение имеет использование отходов древесины при производстве строительных материалов изделий и конструкций. Отходы древесины в виде опилок, стружки, дробленки используются в качестве заполнителей при производстве таких конструкционных материалов, как гипсоопилкобетон, опилкобетон, стружкобетон, арболит на основе гипсового и цементного вяжущих [1–6].

Программа правительства РФ по возрождению малоэтажного строительства в России ставит перед специалистами отрасли серьезные задачи, среди которых увеличение объемов строительства индивидуального жилищного строительства, расширение типологии малоэтажного жилья и моделей комплексной застройки, в том числе индустриальным способом, определение идей новой культуры частного домовладения, устойчивых современных стандартов и финансовых инструментов реализации программы индивидуального жилищного строительства.

Стратегией развития также предусмотрена взаимосвязь мероприятий федерального проекта «Жилье» национального проекта «Жилье и городская среда» с мероприятиями других национальных проектов. Программой «Мой

частный дом» Минстроем России предусматривается решение жилищной проблемы страны за счет существенного увеличения объемов малоэтажного строительства, в том числе на основе применения эффективных строительных материалов, технологий, применяемых в современных конструктивных решениях зданий. На современном этапе развития строительного производства разработано и усовершенствовано большое количество вариантов несущих конструкций зданий. Поэтому при реализации инвестиционного проекта возникает проблема выбора оптимального конструктивного решения. Для решения данной проблемы, а также для постановки вопроса о необходимости усовершенствования конструктивного решения используются нормативные технико-экономические показатели, вариантное сравнение, применение аналитических или экспертных методов.

Возведение монолитных зданий из легкого бетона на органическом заполнителе по традиционной технологии, с подачей бетонной смеси краном в бадьях и применением инвентарной разборно-переставной стальной опалубки сопряжено с большими трудозатратами и сроками строительства, что обуславливается свойствами применяемых бетонных смесей и бетонов. Во-первых, необходимо выполнение трудоемкого уплотнения трамбованием при укладке смесей, что обусловлено достаточно жесткой их консистенцией. Во-вторых, длительное время происходит набор бетоном распалубочной (до 18 сут.) и марочной (до 90 сут.) прочности, что увеличивает общую продолжительность строительства зданий. Поэтому необходимо создание интенсивной технологии возведения малоэтажного домостроения из экологически чистых местных материалов с применением мелкоштучных материалов из современных легких опилочных бетонов на гипсовом вяжущем.

Одним из путей успешного решения задач создания строительных материалов и изделий нового поколения, которые минимальным образом будут воздействовать на окружающую среду и обеспечат экологическую безопасность, является расширение производства и применение в строительстве гипсовых вяжущих.

Опилочные бетоны на гипсовом вяжущем являются эффективным материалом как для производства штучных стеновых материалов, так и в применении монолитных конструкций. Одним из видов опилочных бетонов на глиногипсовом вяжущем является глиногипсовый бетон.

Глиногипс (ганч, гажа, арзык, тюрк. *ganch*) – это вяжущий материал, искусственная или (редко) природная смесь гипса (30–60 % двуводного сернокислого кальция) и мелких частиц глины (40–70 % гажа, примеси кварца и кальцита, землистого гипса) или лесса. Строительный глиногипс получают в результате обжига гипсового мергеля при температуре 160–250 °С и последующего измельчения его в порошок. В состав строительного глиногипса кроме гипса и глины входят еще некоторое количество кремнезема, углекислого кальция и древесных опилок в качестве заполнителя.

Глиногипс обладает рядом важных преимуществ по сравнению с другими строительными материалами:

- основной компонент глиногипса (глины) имеет более высокие, чем бетон на основе портландцемента теплоизолирующие свойства, поэтому в глинобитных домах летом прохладнее, а зимой теплее;



– глины – более чем воздухопроницаемые и более паропроницаемые, поэтому в глинобитных домах легче дышится;

– глины гидрофильны. При затворении водой они образуют пластичное, хорошо формируемое тесто, увеличиваясь при этом в объеме. А при потере воды (высыхании) их объем уменьшается, и происходит усадка. При этом глины приобретают прочность, достаточную для использования в качестве строительного материала для многих целей.

В производстве опилочных бетонов глиногипс имеет ряд неоспоримых преимуществ перед цементом. Глиногипсовые материалы создают в помещениях наиболее благоприятный для организма человека микроклимат. Величины коэффициента паропроницаемости и водородного показателя строительного гипса близки к значениям таких же показателей кожного покрова человека. Кроме того, гипс не содержит оксидов металлов, например, оксидов хрома, которые являются аллергенами и способны образовывать и выделять токсичные газы. Поровая структура гипсового камня обуславливает его ускоренное высыхание и, как следствие, невысокую продолжительность процесса стабилизации температурно-влажностного режима во вновь построенных зданиях [3].

Требования в области охраны окружающей среды при архитектурно-строительном проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте диктуют соблюдение радиационной безопасности объектов капитального строительства. Доза излучения, обусловленная природными источниками, сопоставима с дозой от естественных радионуклидов (ЕРН), содержащихся в строительных материалах. О. П. Сидельниковой установлено, что в коммунальной сфере получаемая людьми доза гамма-излучения определяется концентрацией ЕРН в материалах, использованных для строительства здания [7]. Существенный вклад (47–50 %) в получаемую людьми общую дозу облучения вносят природные источники ионизирующих излучений, «вносимые» в жилые дома и производственные помещения строительными материалами. Скорость эксхалации (выделения) радона из строительных материалов и конструкций (стен и перекрытий) определяется его эффективной удельной (в пересчете на 1 кг радона) активностью $A_{эф}$, которая равна произведению удельной активности радона A_{Ra} и коэффициента его эманирования (выделения) η . Исследования строительного гипса показывают, что активность радона более чем в 10 раз меньше, чем у цемента [7, 8].

Современные промышленные технологические системы обеспечивают утилизацию древесных отходов и производство строительных материалов и изделий на их основе [4]. Необходимость утилизации древесных отходов обусловлена рядом экологических, экономических и технологических причин. Наиболее важные экологические причины таковы:

– накопление отходов снижает разнообразие видов растений, животных и микроорганизмов, составляющих биоценозы, и ведет к деградации последних;

– накопление отходов ведет к нарушению экологического равновесия в экосистеме и снижению ее устойчивости;

– накопление отходов ведет к нарушению структур естественных биологических сообществ (биоценоз);

– промышленная утилизация древесных отходов определит снижение объема потребления традиционных лесных ресурсов и, следовательно, нагрузок на экосистемы.



В том числе опилки обладают рядом преимуществ перед другими заполнителями. Например, однородное гранулированное строение обуславливает их хорошую текучесть и, как следствие, широкие перспективы для производства глиногипсового бетона. В токсикологическом отношении древесные опилки безвредны. Фактов отравления людей отходами деревообрабатывающего производства не зафиксировано, в литературе они не описаны. Безвредность опилок объясняется и химическим составом древесины, ее безопасность для человека и уникальные физико-механические свойства – все это предопределяет большую перспективу использования древесных отходов для производства глиногипсовых материалов.

Глиногипсовый бетон можно отнести к пористым материалам. Глиногипсовый бетон способен поглощать водяные пары из влажного воздуха и отдавать обратно, тем самым обеспечивая баланс влажности в помещении. Уровень равновесной влажности зависит от температуры и влажности окружающего воздуха. Эффективность процесса выравнивания влажности также зависит от скорости адсорбции или десорбции. Например, в ходе экспериментов было установлено, что при резком повышении влажности окружающего воздуха с 50 до 80 % первый слой грунтовой стены толщиной 1,5 см поглощает в течение 48 часов около 300 г водяных паров на квадратный метр. За этот же отрезок времени известняк или сосна, имеющие такую же толщину, поглощает только около 100 г/м² влаги, известково-цементно-песчаная штукатурка – 26–27 г/м², а обожженный кирпич – всего 6–30 г/м². Грунтовые кирпичи, которые не подвержены обжигу и сохнут естественным путем, впитывают в 30 раз больше влаги, чем обожженные кирпичи.

Авторами исследована возможность получения глиногипсового бетона марок М50, М75 с использованием строительного гипса и мелких частиц глины. Для изготовления стеновых конструкций малоэтажных зданий и ограждающих конструкций многоэтажных зданий с марочной прочностью материала М50, М75 может быть использовано глиногипсовое вяжущее, смесь измельченной глины и гипса марок Г6 и Г7, который в технической литературе прошлых лет обычно назывался «строительный гипс».

Состав глиногипсовой смеси подбирали с учетом следующих исходных данных: насыпная плотность древесных опилок (заполнителя) фракцией 2–5 мм – 220 кг/м³; истинная плотность заполнителя – 87,2 %; нормальная густота глиногипсового теста – 0,5. Состав глиногипсового бетона марок М50, М75 на глиногипсовом вяжущем, полученный в результате экспериментального исследования, приведен в табл. 1.

В качестве органического заполнителя применялись выдержанные в естественных условиях опилки хвойных пород фракцией 2–5 мм. Полученные после распиловки бревен на лесопильных рамах опилки сначала просеивались через сито с отверстиями 10–20 мм для отделения коры и крупных фракций, а затем через сито 5 мм. В качестве вяжущего использовался глиногипс. Экспериментальные составы глиногипсового бетона в зависимости от соотношения вяжущего и заполнителя приведены в табл. 1.



Таблица 1

Экспериментальные составы глиногипсового бетона

Серия образцов	Состав по объему (глиногипс : опилки)	Расход материалов на 1 м ³		
		Глиногипс, кг	Опилки, кг	Вода, л
С-1	30 : 70	657	153	492
С-2	60 : 40	800	88	555
С-3	80 : 20	897	44	597

Производство опытных образцов глиногипсового бетона выполнялось в следующем порядке:

- 1) в лабораторной шаровой мельнице выполнялось измельчение глины. При измельчении материалов их характеристики значительно улучшаются;
- 2) производилось взвешивание материалов согласно подобранным составам;
- 3) после взвешивания производилось перемешивание измельченной глины, строительного гипса и опилок. При завершении тщательного перемешивания производится затворение водой полученного состава;
- 4) в течение не менее 20 суток проходила естественная сушка образцов;
- 5) перед кратковременными испытаниями образцов кубиков глиногипса на центральное сжатие была определена весовая плотность материала.

Проведены кратковременные испытания образцов кубиков глиногипсового бетона размером 7,07×7,07×7,07 см. Кратковременные испытания на одноосное сжатие проводились с постоянной скоростью загрузки 0,6±0,2 МПа/с на прессах для испытаний на сжатие УИМ-30 (рис. 1, 2) и ИП-100 (рис. 3, 4).

Авторы определяли величины показателей прочности образцов глиногипсового бетона после их высушивания в естественных условиях (относительная влажность воздуха в помещении составляла 60 %, а температура воздуха – 20 °С) до момента окончания процесса уменьшения массы образцов. Влажность материала, находящегося в этом состоянии (когда масса образца стабильна), называется равновесной. Полученное значение равновесной влажности гипсоопилочного бетона (1,14 %) совпадает с найденным в работе.

В табл. 2 приведены показатели средних арифметических значений предела прочности трех составов образцов глиногипсового бетона и величины соответствующих основных статистических показателей: эмпирического стандарта, коэффициента вариации и показателя точности при доверительной вероятности 95 %.

Таблица 2

Показатели значений предела прочности трех составов образцов глиногипсового бетона

Серия образцов	Число образцов, шт.	\bar{R} , МПа	S , МПа	V , %	Δ , %
С-1	10	5,05	0,19	3,8	4,02
С-2	10	6,6	0,187	4,2	3,9
С-3	10	8,8	0,21	5,1	3,95



Рис. 1, 2. Проведение испытаний глиногипсового бетона на сжатие в УИМ-30



Рис. 3, 4. Проведение испытаний глиногипсового бетона на сжатие в ИП-100

Полученные показатели коэффициентов вариации свидетельствуют о минимальной степени расхождения экспериментальных величин со средними значениями. Надежность эксперимента обеспечена, показатель точности меньше 5 %.

Таким образом, экспериментально установлена возможность получения экологически чистого строительного материала – глиногипсового бетона с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности. Применение такого конструкционного материала при строительстве малоэтажных зданий с нормальными температурно-влажностными условиями эксплуатации позволит расширить базу стройматериалов и существенно продвинуться в работе по частичному решению проблем охраны окружающей среды путем максимальной утилизации древесных опилок.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цапаев, В. А. Легкие конструкционные бетоны на древесных заполнителях / В. А. Цапаев, А. К. Яворский, Ф. И. Хадонова ; Северо-Кавказский горно-металлургический институт, Северо-Осетинский государственный университет им. К. Л. Хетагурова. – Орджоникидзе : Ир, 1990. – 134 с. – ISBN 5-7534-0276-3. – Текст : непосредственный.
2. Клименко, М. И. Легкие бетоны на органических заполнителях / М. И. Клименко. – Саратов : Саратовский государственный университет, 1977. – 160 с. – Текст : непосредственный.
3. Передерий, И. А. Лёгкие гипсовые бетоны на органическом заполнителе / И. А. Передерий, М. И. Клименко. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. – 1987. – № 2. – С. 62–64.
4. Одум, Ю. П. Экология. В 2-х томах / Ю. П. Одум ; перевод с английского Ю. М. Фролова ; под ред. В. Е. Соколова. – Москва : Мир, 1986. – Том 1. – 325 с. – Текст : непосредственный.
5. Кондрашкин, О. Б. Стеновые камни из гипсоопилкобетона в строительстве / О. Б. Кондрашкин. – Текст : непосредственный // Сборник трудов аспирантов и магистрантов. Технические науки / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2003. – С. 17–20.
6. Цапаев, В. А. Экспериментально-теоретическая оценка длительной прочности гипсоопилкобетона при одноосном сжатии / В. А. Цапаев, Е. М. Панюжев, О. Б. Кондрашкин. – Текст : непосредственный // Стратегическое городское и региональное планирование. Межвузовский сборник научных трудов / Самарская государственная архитектурно-строительная академия. – Самара, 2002. – С. 208–213.
7. Сидельникова, О. П. Снижения влияния активности естественных радионуклидов строительных материалов строительных материалов на радиационную безопасность жилища : специальность 11.00.11 : автореферат диссертации на соискание доктора технических наук / Сидельникова Ольга Петровна ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 1999. – 40 с. – Текст : непосредственный.
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96) : 2. 6. 1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность : гигиенические нормативы : ГН 2.61.054-96. – Москва : Госкомсанэпиднадзор РФ, 1996. – 126 с. – ISBN 5-7508-0040-7. – Текст : непосредственный.

KONDRASHKIN Oleg Borisovich, holder of the chair of construction technology, candidate of technical sciences, associate professor; VOYTOVICH Vladimir Antonovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of construction technology; GAVRIKOVA Tatyana Aleksandrovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of construction technology; GULIN Ivan Anatolevich, senior teacher of the chair of construction technology

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF LOW-RISE CONSTRUCTION USING CLAY GYPSUM CONCRETE IN MODERN STRUCTURAL SOLUTIONS OF BUILDINGS

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

Key words: clay gypsum concrete, sawdust, true density, filler, binders, static indicators.

The article presents the results of research on the production of clay gypsum concrete using construction gypsum, fine clay particles and sawdust, which make it possible to expand the use of effective building materials and products in modern construction. The values of the strength indicators of clay gypsum concrete samples after their drying in natural conditions until the end of the process of reducing the mass of the samples were determined. Static processing of the obtained results was carried out. The reliability of the experiment is ensured, the accuracy rate is less than 5 %. The possibility of obtaining an environmentally friendly building material – clay gypsum concrete – using waste from the woodworking industry and using it in low-rise construction, as well as for the exterior walls of frame buildings has been established.

REFERENCES

1. Tsepaev V. A., Yavorsky A. K., Khadonova F. I. Lyogkie konstruksionnye betony na drevesnykh zapolnitelyakh [Lightweight structural concretes based on wood fillers]. Severo-Kavkaz. gorno-metallurg. in-t, Severo-Osetin. gos. un-t im. K. L. Khetagurova. Ordzhonikidze: Ir, 1990. – 134 p. – ISBN 5-7534-0276-3.
2. Klimenko M. I. Lyogkie betony na organicheskikh zapolnitelyakh [Lightweight concretes on organic aggregates]. – Saratov: Saratov. gos. un-t, 1977. – 160 p.
3. Perederiy I. A., Klimenko M. I. Lyogkie gipsovyie betony na organicheskom zapolnitele [Light gypsum concretes on an organic filler] // Izv. vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo i arkhitektura [News of higher educational institutions. Construction and architecture]. – 1987. – № 2. P. 62–64.
4. Odum Yu. P. Ekologiya [Ecology] ; per. s angl. Yu.M. Frolova; pod red. V. E. Sokolova. – Moscow : Mir, 1986. – Vol. 1. – 325 p.
5. Kondrashkin O. B. Stenovye kamni iz gipsoopilkobetona v stroitelstve [Wall stones from gypsum-sawn concrete in construction] // Sb. trudov aspirantov i magistrantov. Tekhn. nauki [Collection of works of graduate students and undergraduates. Technical sciences] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod : NNGASU, 2003. P. 17–20.
6. Tsepaev V. A., Panyuzhev E. M., Kondrashkin O. B. Eksperimentalno-teoreticheskaya otsenka dlitelnoy prochnosti gipsoopilkobetona pri odnoosnom szhatii [Experimental and theoretical assessment of the long-term strength of gypsum-sawn concrete under uniaxial compression] // Strategicheskoe gorodskoe i regionalnoe planirovanie. Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov [Strategic urban and regional planning. Interuniversity collection of scientific works]. Samar. gos. arkhitektur.-stroit. akademiya. Samara, 2002. P. 208–213.
7. Sidelnikova O. P. Snizheniya vliyaniya aktivnosti estestvennykh radionuklidov stroitelnykh materialov na radiatsionnuyu bezopasnost zhilishcha [Reducing the effect of the activity of natural radionuclides of building materials on the radiation safety of housing] : spetsialnost 11.00.11 : avtoref. dis. ...d-ra tekhn. nauk ; Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 1999. – 40 p.
8. Normy radiatsionnoy bezopasnosti NRB-96 : 2. 6. 1. Ioniziruyushchee izluchenie, radiatsionnaya bezopasnost : gigenicheskie normativy : GN 2.6.1.054-96 [Standards of radiation safety NRB-96 : 2. 6. 1. Ionizing radiation, radiation safety : hygienic standards : GN 2.6.1.054-96]. – Moscow : Goskomsanepidnadzor RF, 1996. – 126 p. – ISBN 5-7508-0040-7.

© О. Б. Кондрашкин, В. А. Войтович, Т.А. Гаврикова, И. А. Гулин, 2024

Получено: 03.04.2024 г.

УДК 519.633

С. В. БАКУШЕВ, д-р техн. наук, проф. кафедры механики

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ ИДЕАЛЬНО
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЙ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ
ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ АППРОКСИМАЦИИ
ДИАГРАММ ОБЪЕМНОГО И СДВИГОВОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ
КВАДРАТИЧНЫМИ ФУНКЦИЯМИ
Часть 1**

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28. Тел./факс: (8412) 49-72-77;
e-mail: office@pguas.ru

Ключевые слова: сплошная среда, осесимметричная деформация, квадратичная аппроксимация, дифференциальные уравнения равновесия, геометрическая линейность.

Получены дифференциальные уравнения равновесия геометрически линейной, но физически нелинейной идеально упругопластической сплошной среды, находящейся в условиях осесимметричного деформирования, при аппроксимации диаграмм объемного и сдвигового деформирования квадратичными функциями.

Введение. Строительные материалы и изделия из них проявляют как упругие свойства при малых уровнях внешних нагрузок, так и пластические, если внешние воздействия значительны. Следствием пластических свойств материалов и изделий является появление в них остаточных деформаций при снятии внешнего воздействия.

Одной из наиболее важных и значимых теорий, описывающих деформирование конструкций с учетом пластических свойств материала, является теория идеальной пластичности Прандтля. В этом случае диаграмма растяжения описывается билинейной функцией, в соответствии с которой первый (начальный) участок диаграммы является прямолинейным, наклоненным к оси деформаций под некоторым углом, а второй участок параллелен оси деформаций.

Мы будем рассматривать материал, механические свойства которого, без учета геометрической нелинейности, характеризуются тем, что зависимость между первыми инвариантами тензоров напряжений и деформаций и зависимость между вторыми инвариантами девиаторов напряжений и деформаций описывается некоторыми нелинейными функциями, причем на диаграмме сдвиговых деформаций наблюдается участок, близкий к площадке текучести.

Задачи расчета конструкций с учетом пластических деформаций, по сути, являются задачами, в которых напряженно-деформированное состояние определяется с учетом реальных свойств материалов, а потому интерес к ним не только не ослабевает, но и существенно растет. Этот интерес подогревается еще и тем, что физический процесс пластических деформаций является достаточно сложным и до конца еще не исследованным. В работе [1] для осесимметричной задачи теории пластического течения сформулирована полная система определяющих уравнений. Выявлена сложность и малая изученность осесимметричной задачи теории пластичности. В статье [2] анализируются

результаты экспериментальных исследований деформационных свойств неоднородных материалов и изучены основные закономерности их поведения. Рассмотрены возможные варианты определяющих соотношений, учитывающих зависимость свойств рассматриваемых сред от условий нагружения или условий деформирования, а также взаимосвязь сдвиговых и объемных деформаций. Показано, что при этом при кручении цилиндра круглого поперечного сечения депланация сечения не происходит, как и в классическом решении, но распределения перемещений, деформаций и напряжений существенным образом отличаются от известных решений. В работе [3] анализируются свойства определяющих соотношений теории деформирования физически нелинейных материалов неоднородной структуры с зависящими от вида напряженного состояния свойствами. Учтены две формы нелинейности, одна из которых связана с нелинейностью диаграмм деформирования, а другая – с изменением этих диаграмм в зависимости от условий нагружения. Изучению влияния неоднородности структуры конструкционных материалов на их деформационные, пластические и прочностные свойства посвящены работы многих зарубежных авторов [4, 5, 6, 7, 8]. Эти материалы обладают значительной объемной сжимаемостью при пластическом деформировании, упрочнением, эффектом дилатансии, взаимосвязью процессов сдвигового и объемного деформирования. В статье [9] описывается деформационное поведение водонасыщенных глинистых грунтов при трехосном циклическом нагружении на основе структурно неоднородной упругопластической расчетной модели. Показано, что расчетные диаграммы сдвигового и объемного деформирования этой модели удовлетворительно соответствуют экспериментальным диаграммам деформирования реальных грунтов. В работе [10] для физически нелинейно-пластического тела на основе деформационной теории пластичности Кулона и Ставрогина рассмотрено напряженно-деформированное состояние вокруг выработки кругового очертания, сооружаемой в массиве с начальным гидростатическим полем напряжений. Показано, что учет нелинейности в массиве приводит к снижению размера области предельного состояния вокруг выработки. В работе [11] ставится задача о построении системы дифференциальных уравнений равновесия в перемещениях для определения осесимметричных деформаций тела, образованного вращением некоторой произвольной области вокруг оси симметрии Z . Тело выполнено из материалов, обладающих изотропными, трансверсально изотропными и в общем случае ортотропными свойствами, а также физической неоднородностью и испытывающим статические осесимметричные нагрузки и другие воздействия. В статье [12] получены аналитические выражения для компонент напряжений, а также уравнение для определения формы и размера границы раздела зон упругого и пластического деформирования в неограниченном полупространстве вблизи цилиндрической полости с некруговой формой поперечного сечения. В качестве модели материала пространства использовалась модель среды, учитывающая стареющие упруговязкопластические свойства. В работе [13] затрагиваются вопросы выбора математических моделей при статических и сейсмических расчетах напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин с использованием программно-математического обеспечения персональных компьютеров. Для моделирования грунтовых, нелинейно деформируемых массивов программными комплексами используются различные варианты моделей, основанных на гиперболической

зависимости между напряжениями и деформациями [14, 15, 16]. В статье [17] решаются две задачи для плоской конструкции, выполненной из идеально пластичного материала: в первой, зная внешние нагрузки, определяются смещения точек конструкции; во второй – по заданным смещениям плоской конструкции определяются приложенные к конструкции силы.

В данной работе строятся дифференциальные уравнения равновесия в перемещениях для идеально упругопластической в отношении сдвиговых деформаций и нелинейной в отношении объемных деформаций сплошной среды, находящейся в условиях осесимметричного деформирования:

$u_r = u(r)$, $u_\varphi = 0$, $u_z = 0$, при аппроксимации замыкающих уравнений произвольного вида квадратичными функциями для геометрически линейной модели сплошной среды (рис. 1).

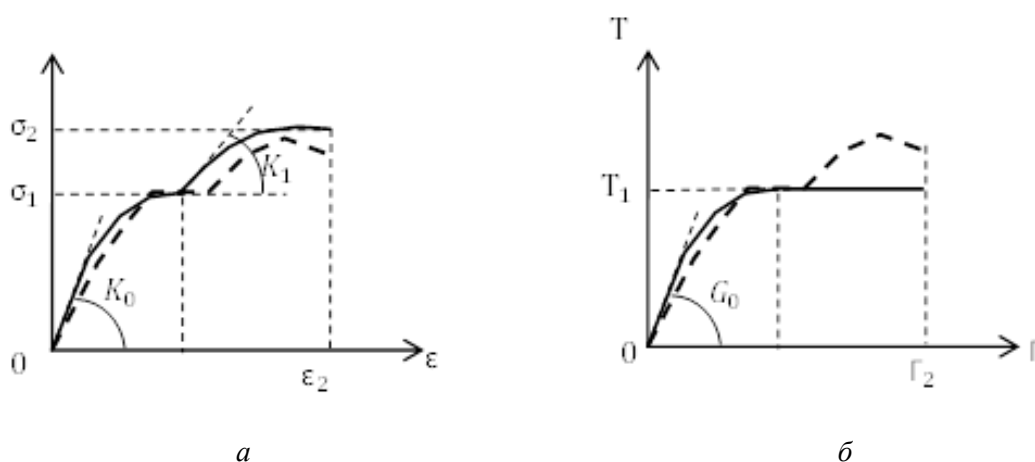


Рис. 1: а – диаграмма $\sigma - \epsilon$; б – диаграмма $T - \Gamma$.

Пунктирные толстые линии – исходные кривые объемного и сдвигового деформирования; сплошные толстые линии – аппроксимирующие отрезки парабол

Построение дифференциальных уравнений равновесия в перемещениях для идеально упругопластической в отношении сдвиговых деформаций и нелинейной в отношении объемных деформаций сплошной среды, находящейся в условиях осесимметричного деформирования:

$$u_r = u(r), u_\varphi = 0, u_z = 0$$

при аппроксимации замыкающих уравнений произвольного вида билинейными функциями [18] как для геометрически линейной, так и для геометрически нелинейной модели сплошной среды, выполнено в работе [19].

Построение физических уравнений для геометрически линейной модели. В соответствии с работой [20] секущие модули объемного расширения (сжатия) $K = K(\epsilon, \Gamma)$ и сдвига $G = G(\epsilon, \Gamma)$ на первом криволинейном участке диаграмм $\sigma - \epsilon$ и $T - \Gamma$ (рис. 1) будут определяться выражениями:

$$K^I(\epsilon) = \frac{1}{3}K_0 + K_{01}\epsilon; \quad G^I(\Gamma) = G_0 + G_{01}\Gamma, \quad (1)$$

$$\text{где } K_{01} = \frac{\sigma_1 - K_0\epsilon_1}{3\epsilon_1^2}; \quad G_{01} = \frac{T_1 - G_0\Gamma_1}{\Gamma_1^2}. \quad (2)$$

На втором криволинейном участке диаграмм $\sigma - \varepsilon$ и $T - \Gamma$ секущий модуль объемного расширения (сжатия) $K = K(\varepsilon, \Gamma)$ и секущий модуль сдвига $G = G(\varepsilon, \Gamma)$ будут вычисляться по формулам:

$$K''(\varepsilon) = a_1\varepsilon + b_1 + \frac{c_1}{\varepsilon}; \quad G''(\Gamma) = \frac{T_1}{\Gamma}, \quad (3)$$

$$\text{где } a_1 = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1) - K_1(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{3(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)^2}; \quad b_1 = \frac{1}{3} \left[K_1 - 2 \frac{(\sigma_2 - \sigma_1) - K_1(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)^2} \varepsilon_1 \right];$$
$$c_1 = \frac{1}{3} \left[\sigma_1 - K_1\varepsilon_1 - \frac{(\sigma_2 - \sigma_1) - K_1(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)^2} \varepsilon_1^2 \right]. \quad (4)$$

В формулах (2) и (4) обозначено: K_0 – начальный модуль объемного расширения (сжатия); G_0 – начальный модуль сдвига; K_1 – начальный модуль упрочнения при объемном расширении (сжатии); $G_1 = 0$ – начальный модуль упрочнения при сдвиге; σ_1, ε_1 – координаты конечной точки первого участка (координаты начальной точки второго участка) на диаграмме $\sigma - \varepsilon$; T_1, Γ_1 – координаты конечной точки первого участка (координаты начальной точки второго участка) на диаграмме $T - \Gamma$; σ_2, ε_2 – координаты конечной точки второго участка на диаграмме $\sigma - \varepsilon$; $T_2 = T_1, \Gamma_2$ – координаты конечной точки второго участка на диаграмме $T - \Gamma$.

Кроме того, σ – первый инвариант тензора напряжений; ε – первый инвариант тензора деформаций; T – интенсивность касательных напряжений; Γ – интенсивность деформаций сдвига.

При осесимметричном деформировании $\varepsilon = \varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\varphi\varphi}$ и

$$\Gamma = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_{rr}^2 - \varepsilon_{rr}\varepsilon_{\varphi\varphi} + \varepsilon_{\varphi\varphi}^2}, \text{ то есть}$$
$$\varepsilon_{rr} = \frac{\partial u}{\partial r}; \quad \varepsilon_{\varphi\varphi} = \frac{u}{r}, \text{ причем } \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} = \frac{\partial \varepsilon_{rr}}{\partial r} + \frac{\partial \varepsilon_{\varphi\varphi}}{\partial r} = \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right);$$
$$\frac{\partial \Gamma}{\partial r} = \frac{2}{3\Gamma} \left[(2\varepsilon_{rr} - \varepsilon_{\varphi\varphi}) \frac{\partial \varepsilon_{rr}}{\partial r} + (2\varepsilon_{\varphi\varphi} - \varepsilon_{rr}) \frac{\partial \varepsilon_{\varphi\varphi}}{\partial r} \right] =$$
$$= \frac{2}{3\Gamma} \left[\left(2 \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right) \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \left(2 \frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r} \right) \frac{1}{r} \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right) \right].$$

Поскольку построение диаграмм объемного и сдвигового деформирования выполняется независимо друг от друга, то рассмотрим пять основных случаев физических зависимостей, зависящих от взаимного расположения точек излома графиков диаграмм объемного и сдвигового деформирования.

Случай 1: $\left. \frac{d\sigma^I(\varepsilon)}{d\varepsilon} \right|_{\varepsilon=\varepsilon_1} \neq K_1, \quad \left. \frac{dT^I(\Gamma)}{d\Gamma} \right|_{\Gamma=\Gamma_1} \neq G_1$, то есть диаграммы и объемного и сдвигового деформирования, аппроксимированные двумя параболами каждая, имеют точки излома графиков.

Точки излома графиков на квадратичных диаграммах объемного и сдвигового деформирования совпадают, то есть $|\varepsilon_1| = \Gamma_1$. При этом

$$0 \leq |\varepsilon| \leq |\varepsilon_1| \text{ и } 0 \leq \Gamma \leq \Gamma_1. \quad (5)$$

Точки излома графиков на квадратичных диаграммах объемного и сдвигового деформирования не совпадают, то есть $|\varepsilon_1| < \Gamma_1$. При этом

$$0 \leq |\varepsilon| \leq |\varepsilon_1| \text{ и } 0 \leq \Gamma \leq \Gamma_0 < \Gamma_1, \quad (6)$$

где интенсивности Γ_0 соответствуют такие компоненты деформации, что

$$|\varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\varphi\varphi}| = |\varepsilon_1|. \quad (7)$$



Точки излома графиков на квадратичных диаграммах объемного и сдвигового деформирования не совпадают, то есть $|\varepsilon_1| > \Gamma_1$. При этом

$$0 \leq |\varepsilon| \leq |\varepsilon_0| < |\varepsilon_1| \text{ и } 0 \leq \Gamma \leq \Gamma_1. \quad (8)$$

Здесь объемной деформации $|\varepsilon_0|$ соответствуют такие компоненты деформации, что

$$\frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_{rr}^2 - \varepsilon_{rr}\varepsilon_{\varphi\varphi} + \varepsilon_{\varphi\varphi}^2} = \Gamma_1. \quad (9)$$

В этом случае физические уравнения осесимметричного деформирования с учетом формул (1) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= K^I(\varepsilon) \cdot \varepsilon + 2G^I(\Gamma) \cdot \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right); \\ \sigma_{\varphi\varphi} &= K^I(\varepsilon) \cdot \varepsilon + 2G^I(\Gamma) \cdot \left(\varepsilon_{\varphi\varphi} - \frac{1}{3}\varepsilon\right); \\ \sigma_{zz} &= \left[K^I(\varepsilon) - \frac{2}{3}G^I(\Gamma)\right]\varepsilon. \end{aligned} \quad (10)$$

Случай 2: $\frac{d\sigma^I(\varepsilon)}{d\varepsilon}\Big|_{\varepsilon=\varepsilon_1} \neq K_1$, $\frac{dT^I(\Gamma)}{d\Gamma}\Big|_{\Gamma=\Gamma_1} \neq G_1$, то есть диаграммы и объемного и сдвигового деформирования, аппроксимированные двумя параболой каждая, имеют точки излома графиков.

Точки излома графиков на квадратичных диаграммах объемного и сдвигового деформирования не совпадают, то есть $|\varepsilon_1| < \Gamma_1$. При этом

$$|\varepsilon_1| \leq |\varepsilon| \leq |\varepsilon_0| \text{ и } \Gamma_0 \leq \Gamma \leq \Gamma_1, \quad (11)$$

где объемной деформации $|\varepsilon_0|$ соответствуют такие компоненты деформации, что выполняется соотношение (9), а интенсивности Γ_0 соответствуют такие компоненты деформации, что выполняется соотношение (7).

В этом случае физические уравнения осесимметричного деформирования с учетом формул (1) и (3) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= K^{II}(\varepsilon) \cdot \varepsilon + 2G^I(\Gamma) \cdot \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right); \\ \sigma_{\varphi\varphi} &= K^{II}(\varepsilon) \cdot \varepsilon + 2G^I(\Gamma) \cdot \left(\varepsilon_{\varphi\varphi} - \frac{1}{3}\varepsilon\right); \\ \sigma_{zz} &= \left[K^{II}(\varepsilon) - \frac{2}{3}G^I(\Gamma)\right]\varepsilon. \end{aligned} \quad (12)$$

Случай 3: $\frac{d\sigma^I(\varepsilon)}{d\varepsilon}\Big|_{\varepsilon=\varepsilon_1} \neq K_1$, $\frac{dT^I(\Gamma)}{d\Gamma}\Big|_{\Gamma=\Gamma_1} \neq G_1$, то есть диаграммы и объемного и сдвигового деформирования, аппроксимированные двумя параболой каждая, имеют точки излома графиков.

Точки излома графиков на квадратичных диаграммах объемного и сдвигового деформирования не совпадают, то есть $|\varepsilon_1| > \Gamma_1$. При этом

$$|\varepsilon_0| \leq |\varepsilon| \leq |\varepsilon_1| \text{ и } \Gamma_1 \leq \Gamma \leq \Gamma_0, \quad (13)$$

где объемной деформации $|\varepsilon_0|$ соответствуют такие компоненты деформации, что выполняется соотношение (9), а интенсивности Γ_0 соответствуют такие компоненты деформации, что выполняется соотношение (7).

В этом случае физические уравнения осесимметричного деформирования с учетом формул (1) и (3) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= K^I(\varepsilon) \cdot \varepsilon + 2G^{II}(\Gamma) \cdot \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right); \\ \sigma_{\varphi\varphi} &= K^I(\varepsilon) \cdot \varepsilon + 2G^{II}(\Gamma) \cdot \left(\varepsilon_{\varphi\varphi} - \frac{1}{3}\varepsilon\right); \\ \sigma_{zz} &= \left[K^I(\varepsilon) - \frac{2}{3}G^{II}(\Gamma)\right]\varepsilon. \end{aligned} \quad (14)$$

Случай 4: $\left. \frac{d\sigma^I(\varepsilon)}{d\varepsilon} \right|_{\varepsilon=\varepsilon_1} \neq K_1$, $\left. \frac{dT^I(\Gamma)}{d\Gamma} \right|_{\Gamma=\Gamma_1} \neq G_1$, то есть диаграммы и объемного и сдвигового деформирования, аппроксимированные двумя параболой каждая, имеют точки излома графиков.

Точки излома графиков на квадратичных диаграммах объемного и сдвигового деформирования совпадают, то есть $|\varepsilon_1| = \Gamma_1$. При этом

$$|\varepsilon| \geq |\varepsilon_1| \text{ и } \Gamma \geq \Gamma_1. \quad (15)$$

Точки излома графиков на квадратичных диаграммах объемного и сдвигового деформирования не совпадают, то есть $|\varepsilon_1| < \Gamma_1$. При этом

$$|\varepsilon| \geq \varepsilon_0 \text{ и } \Gamma \geq \Gamma_1. \quad (16)$$

Здесь объемной деформации $|\varepsilon_0|$ соответствуют такие компоненты деформации, что выполняется соотношение (9).

Точки излома графиков на квадратичных диаграммах объемного и сдвигового деформирования не совпадают, то есть $|\varepsilon_1| > \Gamma_1$. При этом

$$|\varepsilon| \geq |\varepsilon_1| \text{ и } \Gamma \geq \Gamma_0, \quad (17)$$

где интенсивности Γ_0 соответствуют такие компоненты деформации, что выполняется соотношение (7).

В этом случае физические уравнения осесимметричного деформирования с учетом формул (3) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= K^I(\varepsilon) \cdot \varepsilon + 2G^I(\Gamma) \cdot \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon \right); \\ \sigma_{\varphi\varphi} &= K^I(\varepsilon) \cdot \varepsilon + 2G^I(\Gamma) \cdot \left(\varepsilon_{\varphi\varphi} - \frac{1}{3}\varepsilon \right); \\ \sigma_{zz} &= \left[K^I(\varepsilon) - \frac{2}{3}G^I(\Gamma) \right] \varepsilon. \end{aligned} \quad (18)$$

Случай 5: $\left. \frac{d\sigma^I(\varepsilon)}{d\varepsilon} \right|_{\varepsilon=\varepsilon_1} = K_1$, $\left. \frac{dT^I(\Gamma)}{d\Gamma} \right|_{\Gamma=\Gamma_1} \neq G_1$, то есть точка излома графика на квадратичной диаграмме $\sigma - \varepsilon$ отсутствует. При этом, если $0 \leq \Gamma \leq \Gamma_1$, то физические уравнения осесимметричного деформирования будут иметь вид (10); если $\Gamma \geq \Gamma_1$, то физические уравнения осесимметричного деформирования будут иметь вид (14).

Построение дифференциальных уравнений для геометрически линейной модели. Подставляя физические уравнения (10), (12), (14), (18) в дифференциальное уравнение равновесия осесимметричного деформирования сплошной среды:

$$\frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\varphi\varphi}}{r} + F_r = 0, \quad (19)$$

получим четыре вида разрешающих уравнений в перемещениях, имеющих одну и ту же структуру:

$$A \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + B + F_r = 0. \quad (20)$$

Коэффициенты A и B в уравнении (20) зависят от вида физических уравнений.

1) Для физических уравнений (10):

$$\begin{aligned} A &= K^I(\varepsilon) + K_{01}\varepsilon + \frac{4}{3}G^I(\Gamma) + \frac{4G_{01}}{3\Gamma} \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon \right) \left(2\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right); \\ B &= \left[K^I(\varepsilon) + K_{01}\varepsilon - \frac{2}{3}G^I(\Gamma) \right] \frac{1}{r} \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right) + \frac{4G_{01}}{3\Gamma r} \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon \right) \times \\ &\quad \times \left(2\frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r} \right) \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right) + \frac{2}{r}G^I(\Gamma) \cdot (\varepsilon_{rr} - \varepsilon_{\varphi\varphi}). \end{aligned} \quad (21)$$



2) Для физических уравнений (12):

$$\begin{aligned} A &= K^{II}(\varepsilon) + \left(a_1 - \frac{c_1}{\varepsilon^2}\right)\varepsilon + \frac{4}{3}G^I(\Gamma) + \frac{4G_{01}}{3\Gamma} \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right) \left(2\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right); \\ B &= \left[K^{II}(\varepsilon) + \left(a_1 - \frac{c_1}{\varepsilon^2}\right)\varepsilon - \frac{2}{3}G^I(\Gamma)\right] \frac{1}{r} \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right) + \frac{4G_{01}}{3\Gamma r} \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right) \times \\ &\quad \times \left(2\frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r}\right) \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right) + \frac{2}{r}G^I(\Gamma) \cdot (\varepsilon_{rr} - \varepsilon_{\varphi\varphi}). \end{aligned} \quad (22)$$

3) Для физических уравнений (14):

$$\begin{aligned} A &= K^I(\varepsilon) + K_{01}\varepsilon + \frac{4}{3}G^{II}(\Gamma) - \frac{4T_1}{3\Gamma^3} \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right) \left(2\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right); \\ B &= \left[K^I(\varepsilon) + K_{01}\varepsilon - \frac{2}{3}G^{II}(\Gamma)\right] \frac{1}{r} \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right) - \frac{4T_1}{3\Gamma^3 r} \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right) \times \\ &\quad \times \left(2\frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r}\right) \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right) + \frac{2}{r}G^{II}(\Gamma) \cdot (\varepsilon_{rr} - \varepsilon_{\varphi\varphi}). \end{aligned} \quad (23)$$

4). Для физических уравнений (18):

$$\begin{aligned} A &= K^{II}(\varepsilon) + \left(a_1 - \frac{c_1}{\varepsilon^2}\right)\varepsilon + \frac{4}{3}G^{II}(\Gamma) - \frac{4T_1}{3\Gamma^3} \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right) \left(2\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right); \\ B &= \left[K^{II}(\varepsilon) + \left(a_1 - \frac{c_1}{\varepsilon^2}\right)\varepsilon - \frac{2}{3}G^{II}(\Gamma)\right] \frac{1}{r} \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right) - \frac{4T_1}{3\Gamma^3 r} \left(\varepsilon_{rr} - \frac{1}{3}\varepsilon\right) \times \\ &\quad \times \left(2\frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r}\right) \left(\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r}\right) + \frac{2}{r}G^{II}(\Gamma) \cdot (\varepsilon_{rr} - \varepsilon_{\varphi\varphi}). \end{aligned} \quad (24)$$

В формулах (21) – (24):

$$\Gamma = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_{rr}^2 - \varepsilon_{rr}\varepsilon_{\varphi\varphi} + \varepsilon_{\varphi\varphi}^2} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)^2 - \frac{\partial u}{\partial r} \frac{u}{r} + \left(\frac{u}{r}\right)^2}.$$

Таким образом, дифференциальные уравнения в перемещениях для осесимметричного деформирования идеально упругопластической в отношении сдвиговых деформаций и нелинейно-упругой в отношении объемных деформаций сплошной среды при квадратичной аппроксимации замыкающих уравнений, без учета геометрической нелинейности, построены.

Заключение. Построенные в статье дифференциальные уравнения равновесия в перемещениях могут найти применение при определении напряженно-деформированного состояния идеально упругопластической в отношении сдвиговых деформаций и нелинейно-упругой в отношении объемных деформаций сплошных сред, находящихся в условиях осесимметричного деформирования, замыкающие уравнения физических соотношений, для которых описываются квадратичными функциями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронцов, А. Л. Пластические задачи в технологии металлов. Осесимметричная задача. Часть 1. Определяющие уравнения и состояние вопроса / А. Л. Воронцов, Ю. Х. Хациев. – Текст : электронный // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2018. – № S1. – С. 9–18. – DOI: 10.14489/hb.suppl.2018.01. P. 009–018.
2. Ломакин, Е. В. Кручение цилиндрических тел с изменяющимися деформационными свойствами. – Текст : непосредственный // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2008. – № 3. – С. 217–226.
3. Ломакин, Е. В. Напряжения и деформации в диске из физически нелинейного материала с зависящими от вида напряженного состояния свойствами / Е. В. Ломакин, О. П. Щендригина. – Текст : электронный // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2020. – № 4. – С. 25–33. – DOI: 10.31857/S0572329920040091.

4. Cazacu, O. Analytic plastic potential for porous aggregates with matrix exhibiting tension-compression asymmetry / O. Cazacu, J. Stewart, J. Mech // Phys. Solids. – 2009. – Volume 57. – P. 325–341.
5. Pietruszczak, S. Formulation of anisotropic failure criteria incorporating a microstructure tensor / S. Pietruszczak, Z. Mroz // Comput. Geotech. – 2000. – Volume 26. – P. 105–112.
6. Gao, Z. A generalized anisotropic failure criterion for geomaterials / Z. Gao, J. Zhao, Y. Yao // Int. J. Solid Struct. – 2010. – Volume 47. – P. 3166–3185.
7. Experiments and theory in strain gradient elasticity / D. C. C. Lam, F. Yang, A. C. M. Chong [et al.] // Phys. Solids. – 2003. – Volume 51. – P. 1477–1508.
8. McFarland A. W., Colton, J. S. Role of material microstructure in plate stiffness with relevance to microcantilever sensors / A. W. McFarland, J. C. J. Colton // Micromech. Microeng. – 2005. – Volume 15. – P. 1060–1067.
9. Панов, С. И. Деформации глинистых грунтов при циклическом нагружении / С. И. Панов, А. Л. Гольдин. – Текст : непосредственный // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. – 2016. – Том 280. – С. 79–86.
10. Протосеня, А. Г. Физически нелинейно-пластическая задача о распределении напряжений вокруг выработки кругового очертания / А. Г. Протосеня. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014. – № 2. – С. 43–48.
11. Магдеев, У. Х. К математической постановке задачи об определении осесимметричных деформаций конструкций из неоднородно ортотропных материалов / У. Х. Магдеев, В. И. Морозов, Ю. В. Пухаренко. – Текст : электронный // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2016 году : сборник научных трудов РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва, 2017. – Том 2. – С. 227–230. – DOI: 10.22337/9785432302212-2017-227-230.
12. Гоцев, Д. В. Напряженное состояние неограниченного пространства вблизи цилиндрической полости с некруговой формой поперечного сечения для стареющих упруго вязкопластических материалов / Д. В. Гоцев, А. В. Ковалев, А. Ю. Яковлев. – Текст : электронный // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2020. – № 6. – С. 134–140. – DOI: 10.31857/S0572329920060082.
13. Ляпичев, Ю. П. Выбор математических моделей грунтов в статических и сейсмических расчетах грунтовых плотин / Ю. П. Ляпичев. – Текст : электронный // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2020. – Том 16, № 4. – С. 261–270. – DOI: 10.22363/1815-5235-2020-16-4-261-270.
14. Benz, T. Small-strain stiffness of soils and its numerical consequences / T. Benz. – Stuttgart, 2007. – 193 p.
15. Schanz, T. The hardening soil model : formulation and verification / T. Schanz, P. A. Vermeer, P. G. Bonnier // In beyond 200 in Computational Geotechnics. – 1999. – P. 281–296.
16. Roscoe, K. H. On the generalised stress-strain behaviour of ‘wet’ clay, Eng. Plasticity / K. H. Roscoe, J. B. Burland. – Cambridge : Cambridge Univ. Press, 1968. – P. 585–609.
17. Щербакова, А. О. Расчет деформирования геометрически нелинейной плоской конструкции из идеально пластичного материала / А. О. Щербакова. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Математика. Механика. Физика. – 2014. – Том 6, № 2. – С. 35–39.
18. Бакушев, С. В. Аппроксимация диаграмм деформирования билинейными функциями / С. В. Бакушев. – Текст : непосредственный // Строительная механика и расчет сооружений. – 2019. – № 2 (283). – С. 2–11.



19. Бакушев, С. В. Дифференциальные уравнения равновесия осесимметричной деформации идеально упругопластического элемента конструкции при сложном напряженном состоянии / С. В. Бакушев. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2020. – № 1(42). – С. 140–155.

20. Бакушев, С. В. Аппроксимация диаграмм деформирования квадратичными функциями / С. В. Бакушев. – Текст : непосредственный // Строительная механика и расчет сооружений. – 2020. – № 3 (290). – С. 2–14.

BAKUSHEV Sergey Vasilevich, doctor of technical sciences, professor of the chair of mechanics

**DIFFERENTIAL EQUATIONS OF EQUILIBRIUM OF IDEALLY
ELASTOPLASTIC CONTINUOUS MEDIUM FOR AXIALLY SYMMETRIC
DEFORMATION AT APPROXIMATION OF VOLUME AND SHEAR
DEFORMATION DIAGRAMS WITH QUADRATIC FUNCTIONS
PART 1**

The Penza State University of Architecture and Construction

28, German Titov St., Penza, 440028, Russia. Tel.: +7 (8412) 49-72-77;
e-mail: office@pguas.ru

Key words: continuum, axisymmetric deformation, quadratic approximation, differential equilibrium equations, geometric linearity.

In part 1 of the article, differential equilibrium equations of a geometrically linear, but physically nonlinear ideally elastoplastic continuous medium under conditions of axisymmetric deformation are obtained by approximation of volumetric and shear deformation diagrams by quadratic functions.

REFERENCES

1. Vorontsov A. L., Khatsiev Yu. Kh. Plasticheskie zadachi v tekhnologii metallov. Osesimmetrichnaya zadacha. Chast 1. Opredelyayushchie uravneniya i sostoyanie voprosa [Plastic problems in technology of metals. Axisymmetric problem. Part 1. Defining equations and status of the issue]. // Spravochnik. Inzhenerny zhurnal s prilozheniem [Information Book. Engineering magazine with supplement], 2018; № S1. – P. 9–18. DOI: 10.14489/hb.sup.2018.01. P. 009-018.

2. Lomakin E. V. Kruchenie tsilindricheskikh tel s izmenyayushchimisya deformatsionnymi svoystvami [Torsion of cylindrical bodies with varying strain properties] // Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Mekhanika tvordogo tela [News of the Russian Academy of Sciences. Mechanics of Solids], 2008; № 3. P. 217–226.

3. Lomakin E. V., Shchendrigina O. P. Napryazheniya i deformatsii v diske iz fizicheskii nelineynogo materiala s zavisyashchimi ot vida napryazhyonnogo sostoyaniya svoystvami [Stresses and strains in a disc made of a physically nonlinear material with properties dependent on the type of stress state] // Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Mekhanika tvordogo tela [News of the Russian Academy of Sciences. Mechanics of Solids], 2020; № 4. P. 25–33. DOI: 10.31857/S0572329920040091.

4. Cazacu O., Stewart J. Analytic plastic potential for porous aggregates with matrix exhibiting tensioncompression asymmetry // J. Mech. Phys. Solids. 2009. Vol. 57. P. 325–341.

5. Pietruszczac S., Mroz Z. Formulation of anisotropic failure criteria incorporating a microstructure tensor // Comput. Geotech. 2000. Vol. 26. P. 105–112.

6. Gao Z., Zhao J., Yao Y. A generalized anisotropic failure criterion for geomaterials // *Int. J. Solid Struct.* 2010. Vol. 47. P. 3166–3185.
7. Lam D. C. C., Yang F., Chong A. C. M., Wang J., Tong P. Experiments and theory in strain gradient elasticity // *J. Mech. Phys. Solids*. 2003. Vol. 51. P. 1477–1508.
8. McFarland A. W., Colton, J. S. Role of material microstructure in plate stiffness with relevance to microcantilever sensors // *J. Micromech. Microeng.* 2005. Vol. 15. P. 1060–1067.
9. Panov S. I., Goldin A. L. Deformatsii glinistyykh gruntov pri tsiklicheskom nagruzenii [Deformation of clay soils with cyclic loading] // *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B. E. Vedeneeva* [The proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering named after B.E. Vedeneev], 2016. Vol. 280. P. 79–86.
10. Protosenya A. G. Fizicheski nelineynno-plasticheskaya zadacha o raspredelenii napryazheniy vokrug vyrabotki krugovogo ochertaniya [Physically nonlinear-plastic problem of stress distribution around the circular outline of a working] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal* [The proceedings of higher educational institutions. Mining Magazine], 2014. № 2. P. 43–48.
11. Magdeev U. Kh., Morozov V. I., Pukharenskiy Yu. V. K matematicheskoy postanovke zadachi ob opredelenii osesimmetrichnykh deformatsiy konstruktivnykh iz neodnorodno ortotropnykh materialov [About setting up a mathematical problem of determining the axisymmetric deformations in designs made of heterogeneous orthotropic materials] // *Fundamentalnye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitelstva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2016 godu* [Fundamental, exploratory and applied research of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2016] : sbornik nauchnykh trudov RAASN / *Russ. Akad. Arkhitekt. i Stroit. Nauk.* Moscow, 2017. Vol. 2. P. 227–230. DOI: 10.22337/9785432302212-2017-227-230.
12. Gotsev D. V., Kovalyov A. V., Yakovlev A. Yu. Napryazhyonnoe sostoyanie neogranichennogo prostranstva vblizi tsilindricheskoy polosti s nekrugovoy formoy poperechnogo csecheniya dlya stareyushchikh uprugov vyazkoplasticheskikh materialov [Stress state of unlimited space near a cylindrical cavity with a non-circular cross-sectional shape for aging elasto-viscoplastic materials] // *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Mekhanika tvyordogo tela* [News of the Russian Academy of Sciences. Mechanics of Solids]. 2020. № 6. P. 134–140. DOI: 10.31857/S0572329920060082.
13. Lyapichev Yu. P. Vybory matematicheskikh modeley gruntov v staticheskikh i seysmicheskikh raschyotakh gruntovykh plotin [Choice of mathematic models of soils in static and seismic analyses of embankment dams] // *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktivnykh i sooruzheniy* [Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings]. 2020. Vol. 16, № 4. P. 261–270. DOI: 10.22363/1815-5235-2020-16-4-261-270.
14. Benz T. Small-strain stiffness of soils and its numerical consequences // *Stuttgart*. 2007. 193 p.
15. Schanz T., Vermeer P.A., Bonnier P. G. The hardening soil model: Formulation and verification // *In beyond 200 in Computational Geotechnics*. 1999. P. 281–296.
16. Roscoe K. H., Burland J. B. On the generalised stress-strain behaviour of 'wet' clay, *Eng. Plasticity*. Cambridge Univ. Press, 1968. P. 585–609.
17. Scherbakova A. O. Raschyot deformirovaniya geometricheskoi nelineynoy ploskoy konstruktivnykh iz idealno plasticheskogo materiala [Calculation of deformation for geometrically nonlinear plane structure made of perfect plastic material] // *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika. Mekhanika. Fizika* [Bulletin of the South Ural State University. Mathematics. Mechanics. Physics]. 2014. Vol. 6, № 2. P. 35–39.
18. Bakushev S. V. Approksimatsiya diagramm deformirovaniya bilineynymi funktsiyami [Approximations of warp diagrams using bilinear functions]. *Stroitel'naya*



mekhanika i raschyot sooruzheniy [Structural mechanics and analysis of constructions]. 2019. № 2 (283). P. 2–11.

19. Bakushev S. V. Differentsialnye uravneniya ravnovesiya osesimmetrichnoy deformatsii idealno uprugoplasticheskogo elementa konstruktsii pri slozhnom napryazhyonnom sostoyanii [Differential equations of equilibrium for the axially symmetric deformation of an ideally elasto-plastic structural element in complex stress state]. // Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo [Regional architecture and construction]. 2020. № 1(42). P. 140–155.

20. Bakushev S. V. Approksimatsiya diagramm deformirovaniya kvadratichnyimi funktsiyami [Approximation of deformation diagrams by quadratic functions]. Stroitel'naya mekhanika i raschyot sooruzheniy [Structural mechanics and analysis of constructions]. 2020. № 3 (290). P. 2–14.

© С. В. Бакушев, 2024

Получено: 22.02.2024 г.

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

УДК 725.4(470.315)

А. В. СНИТКО, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектуры и урбанистики; **В. С. ЛИФАТОВ**, доц. кафедры архитектуры и урбанистики

АРХИТЕКТУРА ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «ИВТЕКСТИЛЬ» В Г. ИВАНОВО: ПРОЕКТ И РЕАЛИЗАЦИЯ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

Россия, 153000, г. Иваново, Шереметевский пр-т, д. 21.

Тел.: (4932) 32-85-45, факс: (4932) 41-21-08, эл. почта: rector@ivgpu.com

Ключевые слова: жилые здания, текстильный трест, планировочные решения, архитектурно-художественные решения.

Проанализированы проектные и реализованные в строительстве объемно-планировочные и художественно-стилистические решения домов жилого комплекса «Ивтекстиля», на их примере показана эволюция архитектурного формирования жилых зданий города Иваново на рубеже 1920 – 1930-х гг., явившаяся ярким отражением общих процессов развития советской архитектуры того времени.

В индустриальную эпоху, пришедшую в России на период сер. XIX – кон. XX вв., широко распространенным явлением было строительство жилья для рабочих промышленными предприятиями (как основными работодателями). Объекты жилищной сферы являлись неотъемлемой частью целого комплекса объектов социальной инфраструктуры фабрик и заводов, в состав которого входили также объекты социально-бытовой (ясли, бани, магазины, больницы, богадельни и пр.) и социально-культурной сфер (народные дома, клубы, библиотеки, храмы, училища, парки, стадионы и пр.). Причем, зародившись еще в дореволюционные времена, во II половине XIX века, эта тенденция продолжилась и при Советской власти.

Иваново-Вознесенск к началу XX столетия стал крупным промышленным центром. Уже в 1914 г. в нем проживало 146 тыс. чел. (в то время как в уездной Шуге – 37 тыс. чел., в губернском Владимире – 47 тыс. чел.; в Ярославле и Нижнем Новгороде – по 111 тыс. чел.). После присвоения Иваново-Вознесенску в 1918 г. статуса центра новой губернии, несмотря на снижение населения в годы Гражданской войны, постепенно возобновляется его рост. Жилищная проблема становится острой. Ее решение в первые годы Советской власти происходит путем строительства малоэтажных рабочих поселков по типу поселка-сада из малоэтажных малоквартирных домов преимущественно деревянных конструкций. Однако ко II половине 1920-х гг. становится очевидной необходимость перехода к строительству среднеэтажных многоквартирных домов [1]. Их стали постепенно строить РЖСКТ (рабочие жилищно-строительные кооперативные товарищества), текстильные тресты, отдельные предприятия.

В 1923 г. в Иваново-Вознесенске из ряда предприятий формируется производственное объединение «Ивтекстиль» для управления текстильной промышленностью местного значения. Весной 1928 г. по заказу треста



проводится конкурс проектов комплекса жилых домов для рабочих фабрик. К реализации был принят проект архитектора Сергея Николаевича Грузенберга [2]. Предполагалось строительство четырех кирпичных многоквартирных домов. Корпус по ул. Советской (ныне просп. Ленина) был запроектирован по красной линии улицы – дома по ул. Владимирской (ныне ул. Комсомольская) и Пограничному переулку – с отступом от красной линии (рис. 1). Между корпусами формировался двор с парком и спортивной площадкой.

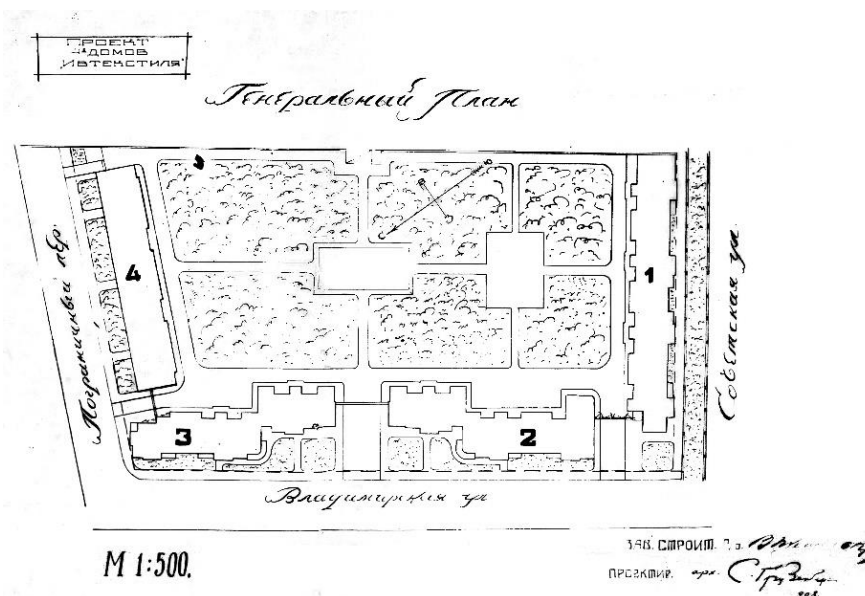


Рис. 1. Проектный генеральный план комплекса 4 домов «Ивтекстиля»*, ГАИО

Разрешение на строительство трех домов – корпуса по ул. Советской и двух корпусов по ул. Владимирской – было выдано 18 мая 1928 г.

Строительство началось 30 июля 1928 г. с двух краснокирпичных домов (№ 2, 3 – ныне ул. Комсомольская, № 8, 10) на 138 квартир на средства фабрики «Красная Талка», вошедшей в состав треста «Ивтекстиль». В процессе строительства прораб жаловался, что архитектор постоянно вносил изменения в проект. В результате был упрощен план здания путем уменьшения количества ризалитов, уменьшились размеры лестничных клеток, высота помещений, кладовые заменили стенными шкафами в нишах кирпичной кладки. На чердаках планировалось размещение прачечных, но и от этой идеи отказались. В конце 1929 г. дома были заселены. В 1964 г. они надстраиваются одним этажом.

Строительство 68-квартирного дома (№ 1 – ныне просп. Ленина, 62) закончили в 1933 г.

Последним начал строиться пятиэтажный 45-квартирный жилой дом (№ 4 – Пограничный пер., 15/12). В качестве заказчика указывается уже не трест, а РЖСКТ «Второй рабочий поселок». Работы начались в 1933 г., строительство затянулось, и дом был заселен только в мае 1938 г.

На примере комплекса интересно проследить изменение принципов построения планировочных и архитектурно-художественных решений жилых зданий как в процессе проектирования, так и при дальнейшей эксплуатации. Эти решения являются наглядной иллюстрацией эволюции принципов формирования

квартир, объемных композиций и декоративных приемов в жилищном строительстве на коротком промежутке конца 1920-х – I половины 1930-х гг.

Рассмотрение объемно-планировочных решений зданий комплекса показало, что в домах № 2 и 3 планировки симметричны (за исключением добавленной квартиры с торца в блоке № 2). Стены – кирпичные, перекрытия – деревянные. В то время еще не было жестких норм по инсоляционному обеспечению жилищ и поэтому некоторые квартиры, сориентированные на север, сегодня не соответствуют современным нормам.

В этих домах реализованы практически первоначально запроектированные типы планировок, лишь в деталях измененные при строительстве.

Во-первых, не реализованы парадные входы в подъезды с улицы.

Во-вторых, одной из интересных особенностей типологии квартир (а они в этих домах все двухкомнатные) было решение санитарно-кухонного блока. Кухня, располагающаяся в центре блока, по сторонам фланкируется, с одной стороны, туалетом (в то время это был только туалет, без ванны), а с другой – холодной кладовой, оба помещения проектируются освещенными, с узкими окнами (рис. 2). В реализованном варианте этого блока отказались от холодной кладовой и, соответственно, лишнего окна на фасаде.

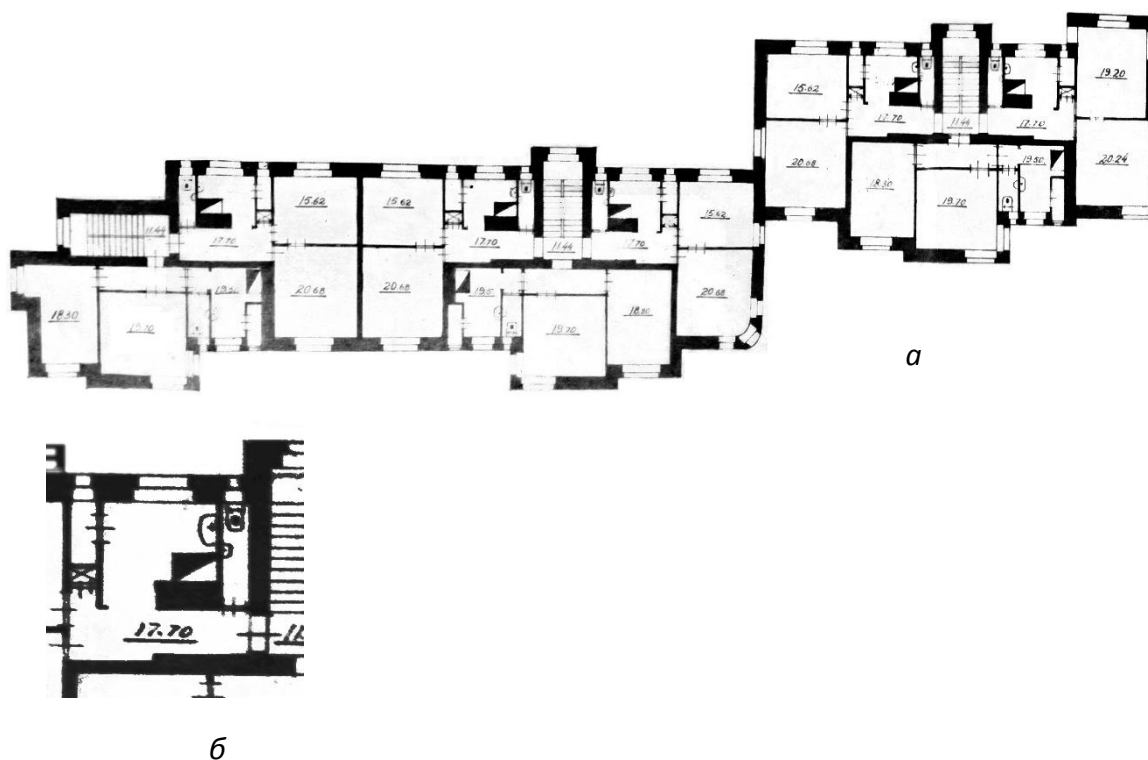


Рис. 2. Типовой этаж дома № 2.

Первоначальный проект: а – общий план (север – вертикально вниз); б – фрагмент – санитарно-кухонный блок, ГАИО. Публикуется впервые

Общее планировочное построение не только самих зданий, но и их блок-секций характеризуется большой изрезанностью их контура. План каждого из домов представляет собой сочетание двух удлиненных прямоугольников, поставленных со сдвигом относительно друг друга (благодаря чему на улице



формируется курдонер). Они усложнены многочисленными прямоугольными ризалитами комнат и даже частей комнат (в виде прямоугольных эркеров) на уличных и дворовом фасадах, но некоторые углы зданий получили скругленную форму.

Строительство дома № 1 хоть и началось ненамного позднее домов № 2 и 3, но велось уже не по первоначальному проекту. В короткий срок были перепроектированы все его планировочные решения (рис. 3).

Если в первоначальном проекте в блок-секциях на этаже – три двухкомнатные квартиры с изолированными комнатами, то в реализованном – две (трех- и четырехкомнатные с проходными комнатами), выходящие на разные стороны. Контур здания приобретает меньшую изрезанность. Рядовые 4-этажные блок-секции по краям фланкируются 5-этажными, а на углу с ул. Комсомольской даже появляется 6-й этаж на одну квартиру.

Если в первоначальном во многом применяются те же планировочные приемы, что и у корпусов № 2 и 3 (санитарно-кухонный блок с освещенными холодной комнатой и туалетом, практически такие же принципы размещения прихожей, кухни, преимущественно квадратных в плане комнат), то в реализованном варианте появляется уже практически современный прием решения санитарно-кухонного блока («темный» туалет размещен между прихожей и кухней, в которую ведет небольшой коридор, прямоугольные комнаты, вытянутые вглубь корпуса). Стоит отметить, что принятые здесь планировки надолго (вплоть до 1960-х гг.) являлись преобладающим типом планировок квартир в многоквартирных домах города.

Дом № 4 также претерпел изменение первоначальных планировок.

Первоначально в нем предусматривались три блок-секции с двумя 5-комнатными квартирами на этаже. Явно, что такие квартиры предусматривались к коммунальному заселению. В квартирах дома имелись две крупных проходных комнаты по 18 кв. м, одна – 17,3 кв. м и две маленькие комнаты по 10 кв. м (рис. 4).

Однако решение санитарно-кухонного узла отличалось от домов № 2 и 3 и тяготело к решению в доме № 1; при этом проектировалось освещение туалета вторым светом через лестничную клетку. При кухнях предусматривались холодные кладовые.

В реализованном варианте в доме также три блок-секции, но он получил П-образную конфигурацию. Изменилась и структура квартир. В крайних блок-секциях на этаже расположены две трехкомнатные и одна двухкомнатная квартира, а в центральной – три двухкомнатные. В трехкомнатных квартирах применен санитарно-кухонный блок с освещаемой ванной комнатой (чего не было предусмотрено и реализовано в других домах комплекса и стало относительно новым явлением для многоквартирных домов г. Иванова) и отдельным неосвещенным туалетом. В центральной блок-секции применены треугольные эркеры большого выноса.

Не менее интересно проследить и эволюцию архитектурно-художественных решений зданий комплекса.

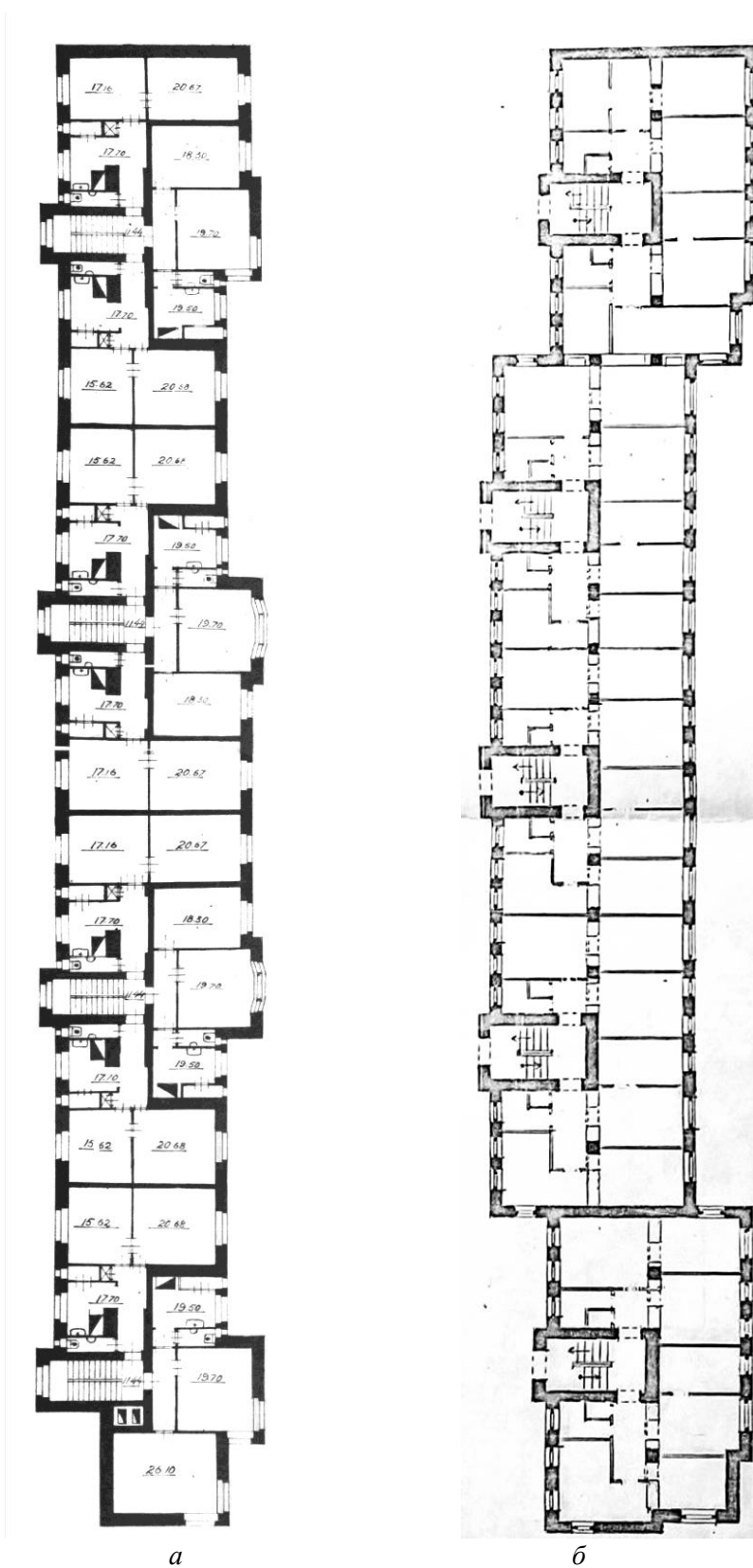


Рис. 3. Типовой этаж дома № 1: а – первоначальный проект, ГАИО. Публикуется впервые; б – реализованный вариант

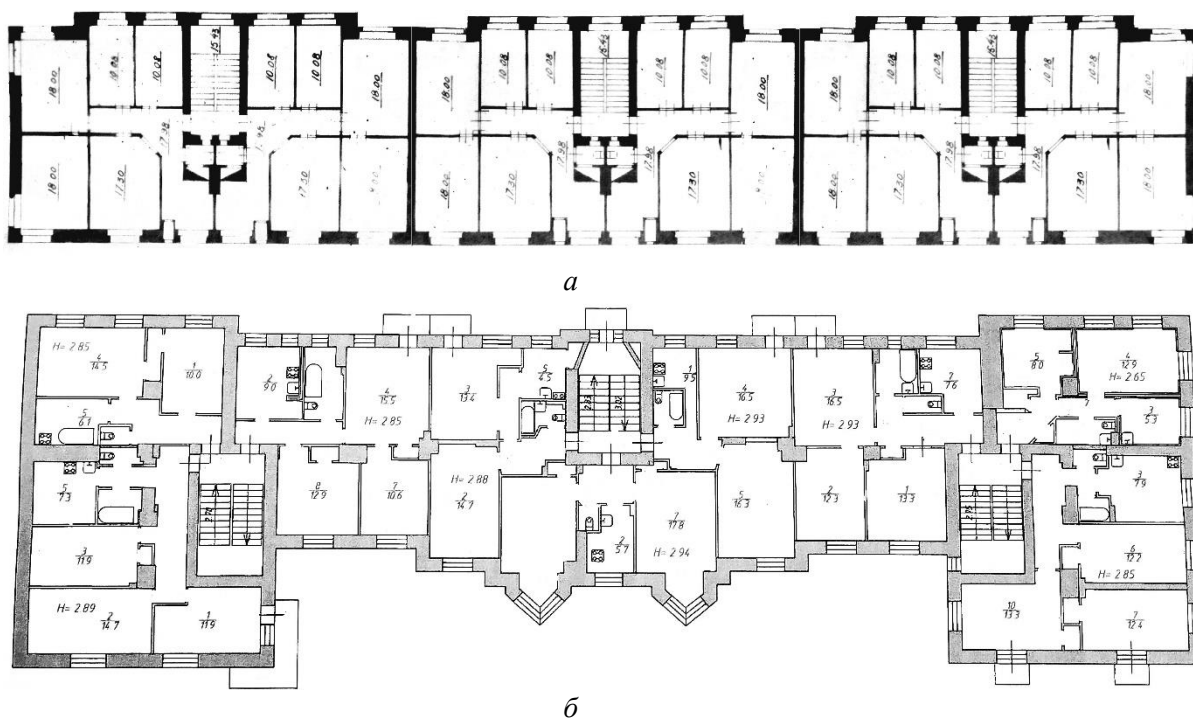


Рис. 4. Типовой этаж дома № 4: а – первоначальный проект, ГАИО. Публикуется впервые; б – реализованный вариант

Первоначальный проект был создан в стиле конструктивизма (рис. 5). Мастерское владение С. Н. Грузенбергом приемами глубокого синтеза объемной структуры зданий, авангардной композиции фасадов (вплоть до оригинальности расстекловки оконных проемов) и их брутальной фактурной обработки, наряду с четкостью градостроительного решения, обусловило возникновение одного из интереснейших и качественных жилых комплексов Иваново-Вознесенска рубежа 1920–1930-х гг. Вместе с тем тенденции, характерные для советской архитектуры последующих лет, также не могли не сказаться на внешнем облике комплекса [3, 4].

Реализованные по первоначальному проекту и сохранившиеся до сих пор (за исключением надстройки 1964 г.) здания по ул. Комсомольской наиболее ярко демонстрируют стилевую сущность конструктивизма. Врезанные один в другой объемные блоки и ризалиты, вертикальное ленточное остекление (в лестничных клетках), огромные квадратные окна комнат и противопоставленные им узкие, словно бойницы, окна туалетов, лежащие окна чердака, угловые балконы большого выноса создают сложную, но подчиненную единому замыслу игру из крупных, но простых форм. Лишь в небольших пятых этажах, акцентирующих градостроительный центр курдонера, архитектором используются круглые люкарны, придающие дополнительное главенствование центральному входу в комплекс (рис. 6).

Пластическая обработка фасадов крайне сдержана и подчеркивает художественный минимализм конструктивизма. Фасады выполнены из темно-красного кирпича, без штукатурки, что очень характерно для конструктивизма исторических промышленных городов центра России (так называемый краснокирпичный конструктивизм). Детали – лишь оштукатуренные



горизонтальные полочки под и над окнами, а также гладкий фриз с подчеркнuto плоским карнизом, протянувшиеся практически на всю длину фасадов.



Рис. 5. Проектные фасады зданий, ГАИО. Публикуется впервые



Дом № 1 должен был быть решен в той же манере. Однако изменение планировки и этажности, а также структуры (в том числе пропорций) оконных проемов несколько «успокоило» композицию фасада, лишив его авангардной динамичности. Появляется «классический» прием группировки вертикально ориентированных проемов в трехэлементную композицию, симметричность которой подчеркивается объединяющим балконом. Угловые балконы применены в 6-этажной части. В довоенные годы сохранялись и присущие домам № 2 и 3 горизонтальные подоконные и надоконные полочки. Здание было оштукатурено цветной штукатуркой (как выходящее на главный городской проспект), что несколько нивелировало игру фактур разных материалов. Однако в послевоенное время конструктивистское здание, как и многие в городе, подверглось переоформлению фасадов в традициях сталинского неоклассицизма (хотя и в более сдержанном варианте, чем другие). Первый этаж был обработан рустом, слабая рустовка появилась у раскрепованных простенков, обрамляющих встроенные окна с балконом. Окна, близкие к квадрату, были заключены в тонкие рамочные наличники, а во втором и третьем этажах объединены тягами по вертикали (рис. 6). Лишь на дворовом фасаде сохранилась первоначальная детализировка.

Фасады корпуса № 4, естественно изменившиеся по сравнению с первоначально запроектированными, получают сочетание красного и светлого кирпича (это стало возможным лишь с пуском в начале 1930-х гг. силикатного завода). Красный кирпич используется в простенках окон (что было характерным приемом для г. Иванова 1930-х гг.), создавая вместе с окнами горизонтальное цветовое членение фасадов. Треугольные эркеры, завершенные открытыми балконами, своей формой отсылают к треугольным балконам знаменитого памятника конструктивизма дома «Подкова» (рис. 6). Однако в художественном решении уже кроме горизонтальных полочек присутствует и классический декор (рустовка первого этажа и двухступенчатые консоли под межэтажным пояском). Такие решения – наглядный пример перехода в середине 1930-х гг. от конструктивизма к классицистической направленности советской архитектуры.



Рис. 6. Внешний облик зданий комплекса: а – дома № 8 и 10 по ул. Комсомольской; б – дом № 15/12 по Пограничному пер.; в – дом № 62 по просп. Ленина – фото 1930-х гг.; г – дом № 62 по просп. Ленина – фото 1990-х гг.

Сегодня архитектурный комплекс домов «Ивтекстиля» является объектом культурного наследия. Он ярко и наглядно демонстрирует специфику типологического и архитектурно-стилистического процесса эволюции жилой архитектуры г. Иванова конца 1920-х – сер. 1930-х гг., является носителем одного из лучших примеров конструктивистских жилых зданий города авторства столичного архитектора С. Н. Грузенберга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимофеев, М. Ю. Создание образцового социалистического города Иваново-Вознесенск 1920–1930-х годов / М. Ю. Тимофеев. – Текст : непосредственный // Городские исследования и практики. – 2021. – № 6 (1). – С. 50–65.
2. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России. Ивановская область. В 3 частях. Часть 1. – Москва : Наука, 1998. – 524 с. – ISBN 5-02-011278-X. – Текст : непосредственный.
3. Хан-Магомедов, С. О. Архитектура советского авангарда. В 2 книгах. Книга 1. Проблемы формообразования. Мастера и течения – Москва : Стройиздат, 1996. – 709 с. – ISBN 5-274-01499-2. – Текст : непосредственный.



4. Заплавная, А. Э. Эволюция архитектурной стилистики конструктивизма в городе Воронеже в 1920–1950-е гг. / А. Э. Заплавная, А. С. Танкеев. – Текст : непосредственный // Архитектон : известия ВУЗов. – 2020. – № 4 (72). – С. 15.

SNITKO Aleksandr Vladimirovich, doctor of architecture, professor of the chair of architecture and urban studies; LIFATOV Vladimir Sergeevich, associate professor of the chair of architecture and urban studies

ARCHITECTURE OF THE RESIDENTIAL COMPLEX OF THE PRODUCTION ASSOCIATION "IVTEXTILE" IN THE CITY OF IVANOV: PROJECT AND IMPLEMENTATION

Ivanovo State Polytechnic University

21, Sheremetev Ave., Ivanovo, 153000, Russia. Tel.: +7 (4932) 32-85-45;
fax: +7 (4932) 41-21-08; e-mail: rector@ivgpu.com

Key words: residential buildings, textile trust, planning solutions, architectural and artistic solutions.

The article analyzes the design and the volume-planning and artistic-stylistic solutions implemented in the construction of the houses of the residential complex of the "Ivtextile"; the evolution of the architectural formation of residential buildings in the city of Ivanovo at the turn of the 1920s–1930s was shown on their example, which was a vivid reflection of the general processes of the development of Soviet architecture of that time.

REFERENCES

1. Timofeev M. Yu. Sozdanie obraztsovogo sotsialisticheskogo goroda Ivanovo-Voznesensk 1920–1930-kh godov [Creation of the exemplary socialist city of Ivanovo-Voznesensk in the 1920s-1930s] / Gorodskie issledovaniya i praktiki [Urban Studies and Practices]. – 2021. – № 6(1). – P. 50–65.
2. Svod pamyatnikov arkhitektury i monumentalnogo iskusstva Rossii. Ivanovskaya oblast: v 3 ch. Ch. 1 [Code of monuments of architecture and monumental art of Russia. Ivanovo region. In 3 parts. Part 1]. – Moscow : Nauka, 1998. – 524 p. – ISBN 5-02-011278-X.
3. Khan-Magomedov S. O. Arkhitektura sovetskogo avangarda. V 2-kh kn. Kn. 1: Problemy formoobrazovaniya. Mastera i techeniya [Architecture of the Soviet avant-garde. In 2 books. Book 1. Shaping problems. Masters and currents]. – Moscow : Stroyizdat, 1996. – 709 p. – ISBN 5-274-01499-2.
4. Zaplavnaya A. E., Tankeev A. S. Evolyutsiya arkhitekturnoy stilistiki konstruktivizma v gorode Voronezhe v 1920–1950-e gg. [The evolution of the architectural style of constructivism in the city of Voronezh in the 1920s–1950s.] / Arkhitekton: Izvestiya VUZov [Architecton. Proceedings of higher education]. – 2020. – № 4 (72). – P. 15.

© А. В. Снитко, В. С. Лифатов, 2024

Получено: 29.04.2024 г.



УДК 711.424:728.3.03

Н. С. САПРЫКИНА, д-р архитектуры, доц., зав. кафедрой градостроительства

ТИПЫ И ОСОБЕННОСТИ МАЛОЭТАЖНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ПОСЛЕВОЕННОГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ В ГОРОДАХ СССР

ООО (ЧУ) Академия «МУБиНТ»

Россия, 150999, г. Ярославль, ул. Советская, д. 80.

Тел.: 8 800 700 1600, доб. 2510; эл. почта: saprykinans@edu.mubint.ru

Ключевые слова: градостроительство, архитектура, СССР, город, жилой квартал, планировка, малоэтажная застройка, послевоенное десятилетие, тип, специфика, дом.

Анализируется специфика малоэтажной жилой застройки кварталов, появившаяся на территории городов СССР в послевоенное десятилетие. Выявляются отличия в подходах к проектированию и строительству такой застройки в регионах и крупнейших городах Москве и Ленинграде. Рассматриваются характерные типы и приемы застройки кварталов в городах СССР, выявляются особенности их композиции.

Анализ тенденций архитектурно-планировочного развития городов в период СССР, а также оценка их историко-культурного наследия сегодня представляются актуальными ввиду малоизученности данных вопросов в региональном контексте, отличающимся природно-географическими, климатическими, историческими и культурными особенностями. Отсутствие исследований и обоснований по сохранению ценных фрагментов и элементов среды многих российских городов, спроектированных и построенных в советское время, может привести к утрате этого пласта историко-культурного наследия на этапе их радикального развития и преобразования. Одновременно изучение архитектурно-планировочного развития городов регионов, наряду со столичными, может сформировать более полную картину тенденций и закономерностей в архитектуре и градостроительстве России XX века, оценить специфику и их роль в этих процессах, способствовать выявлению и сохранению уникальных образцов советского градостроительного наследия в структуре разных городов.

Одно из особых направлений в градостроительстве советского времени связано с восстановлением и развитием городов в послевоенный период (вторая половина 1940-х – начало 1950-х гг.). Огромные затраты на восстановление народного хозяйства, перевод промышленности на мирные рельсы, отсутствие достаточных ресурсов на полноценное и комплексное развитие жилых территорий, при этом острая необходимость в жилом фонде, улучшении бытовых условий населения способствовали развитию малоэтажного каменного жилищного строительства по всей территории страны, что стало характерной тенденцией времени. В Москве дома строились в районе Измайлова, на Октябрьском поле, на Перовом поле, на Дмитровском шоссе, в Химках, в Люблино и др. Характерным примером законченного жилого комплекса из серии типовых малоэтажных домов является застройка Хорошевского шоссе (1946 г.) [1]. В Ленинграде строительство малоэтажных жилых зданий велось комплексно крупными массивами со всеми видами культурно-бытового



обслуживания. Среди них: жилые комплексы на Белевском поле, за Пролетарским заводом, на Большом Смоленском проспекте, на проспекте Стачек, на проспекте Энгельса, в Сосновой Поляне и другие. На конкурсе строек 1946 года, ежегодно проводимом Управлением по делам архитектуры при Совете Министров РСФСР и Министерством жилищного строительства, первая премия была присуждена «за проект, хорошее качество строительных и отделочных работ, а также работ по благоустройству комплекса малоэтажных зданий, выстроенных в Володарском районе Ленинграда» [2, с. 53]. Несмотря на явные достоинства, заключающиеся в комплексности и архитектурно-художественной целостности решений капитальной малоэтажной застройки, «слабой» стороной жилищного строительства г. Ленинграда считалась недостаточная разработанность вопроса типизации проектирования и организации строительства.

В отличие от Москвы и Ленинграда, где в основе проектного процесса освоения значимых и крупных участков лежали архитектурные конкурсы, как на варианты застройки, так и на проекты типовых малоэтажных капитальных жилых домов для массового строительства, в провинциальных городах элементарно не хватало специалистов, времени и средств для проведения подобных действий. Часто застройка осуществлялась не каменными, а деревянными зданиями. Например, в г. Архангельске несколько новых кварталов по ул. Выучейского в первые послевоенные годы были комплексно застроены деревянными двухэтажными домами [3]. Анализ опыта строительства в регионах показал, что многие примеры кварталов с капитальными зданиями, осуществленные во второй половине 1940-х гг., отображают в основном типовые решения комплексной малоэтажной застройки довоенного периода, редко встречаются авторские индивидуальные подходы («авторский почерк») в поиске концепции при обязательном выполнении принципиальных установок в архитектуре и градостроительстве рассматриваемого отрезка времени [3]. Среди них главные требования сводились к тому, чтобы приемы планировки и характер застройки жилых кварталов отвечали задачам экономичности строительства, при этом учитывали условия участка, требования инсоляции и проветривания, пожарные разрывы, общее архитектурное решение комплекса, связь с придомовыми участками, комплексное благоустройство, стилистику и принципы неоклассицизма и др.

Проектирование малоэтажной жилой застройки в провинции в первые послевоенные годы велось преимущественно *небольшими комплексами-кварталами на месте разрушенных или сильно обветшавших зданий и сооружений*, иногда в виде *точечных домов*, реже и немного позже – для *свободных достаточно крупных территорий, расположенных на периферии городов*, недалеко от производственных объектов и, как правило, на основе типовых проектов малоэтажных жилых зданий.

Согласно публикациям начала 1940-х гг., в отечественной практике градостроительства довоенного времени выделялись три варианта застройки кварталов: *«периметральная застройка»* – плотно облегает фронт улицы домами с минимальными разрывами и отступами. Внутреннее пространство здесь скрыто от улицы. Зелень – элемент односторонний внутренний. Форма домов – единая лента, состоящая из отрезков, переходящих от одного здания в другое. *Открытая застройка* предполагает отдельно стоящие дома. Воздух обтекает их не только по периметру, но и со стороны квартала. Внутреннее пространство входит в улицу.

Зелень – элемент многосторонний, внешний, охватывающий дом со всех сторон. Форма дома объемная. *Комбинированная застройка* объединяет оба принципа» [4, с. 5].

Характер застройки малоэтажных жилых кварталов послевоенного периода в разных городах был многообразнее, в большей мере определялся приемами присущими поселковому строительству (с небольшими перестановками приоритетов в их выборе), с *наличием периметрального закрепления* границ кварталов и преимущественным обобществлением внутриквартальной территории жилой застройки, его благоустройства и озеленения (в отличие от усадебной застройки). В зависимости от специфики организации территории и возможных вариантов размещения зданий *во внутреннем пространстве кварталов* можно выделить следующие типы городской застройки: однорядная или многорядная (вариант – с курдонерами, отступами), тупиковая, групповая, свободная, строчная и комбинированная [5].

Периметральная однорядная застройка, когда здания располагались исключительно по периметру в один ряд, отгораживая внутриквартальное пространство от улиц, применялась, как правило, для небольших по площади кварталов (до 4 га). В таком варианте часть внутриквартальной территории могла быть в непосредственном ведении жильцов квартир первых этажей, которые могли иметь дополнительные выходы на индивидуальные придомовые участки, примыкающие к их квартирам, являющиеся частью общего двора или сада. Характерным примером такого типа застройки является жилой квартал в Коломенском поселке автозавода им. Сталина, спроектированный в 1940-е гг. (рис. 1) [2]. В качестве примеров городской периметральной однорядной застройки малоэтажными зданиями можно привести кварталы между улицами Комсомольской и Ньюдовской, Железнодорожной и Комсомольским проездом в г. Мончегорске; кварталы между улицами Аксенова и Ургальской в г. Хабаровске, наб. реки Лазури и улицами 15 лет Октября, Лукина в г. Твери, кварталы между ул. Ключева, Николая Руднева, Циолковского и Шевченко в г. Туле и др.

Для более крупных городских кварталов с застройкой многоквартирными домами в два этажа и выше, первый вариант считался экономически невыгодным и неудобным. Чаще использовался прием многорядной застройки, характеризующийся расположением зданий в два и три ряда параллельно фронту улиц, обладающий повышенной компактностью, линейной плотностью, что давало возможность значительно повысить экономичность строительства. Примером такого решения может служить жилой квартал в Магнитогорске, спроектированный в 1940-х гг. и построенный между улицами Строителей, Уральская, Менделеева и площадью Горького (рис. 2) [2]. По периметру одно- и многорядной застройки кварталов часто устраивались курдонеры или небольшие отступы, которые пространственно разнообразили застройку улиц, не изменяя в целом внутриквартальную территорию и экономические показатели строительства. В качестве примеров можно привести кварталы г. Волгограда в районе улиц Салтыкова-Щедрина и Демьяна Бедного, Патриса Лумумбы и Рыкачева, квартал между улицами Солнечная, Утренняя, проспектом Труда и Партизанским переулком в г. Воронеже и др.

Тупиковая застройка, характеризующаяся размещением зданий на тупиковых внутриквартальных проездах, редко применялась в городах, так как более соответствовала усадебному типу застройки сельских поселков. Иногда она



использовалась и в городах, чтобы увеличить глубину квартала с однорядной застройкой по периметру, оживить его планировку, придать живописность среде, как например, в квартале между улицами Крылова, Салютная, Грибоедова и Артиллерийская в г. Челябинске (рис. 3). Также к данному типу застройки можно отнести варианты с вытянутыми узкими участками кварталов, когда посередине их дворового пространства устраивался один тупиковый проезд сразу ко всем домам. Примером необычного «тупикового варианта» решения застройки по сравнению с образцовыми кварталами является проект планировки и застройки жилого квартала для Урицка, выполненный ленинградским архитектором А. А. Олем в 1947 году. Просторные, четко ограниченные дворы-сады для отдыха, отделялись друг от друга внутренними тупиковыми проездами, куда обращались все входы домов. Проезды вели к хозяйственным дворикам (в тупике), примыкающим к торцам жилых домов и отгороженных глухими стенками и сараями, которые, в свою очередь, выходили на внутриквартальный проезд. Таким образом решалась проблема очистки территории вне жилых дворов-садов и парадных подъездов к домам. Все зоны квартала зрительно были обособлены друг от друга, но в то же время утилитарно связаны в единый комплекс, в том числе и с детскими учреждениями, вынесенными на специальный участок (рис. 4) [6].

Наиболее характерная застройка и чаще всего используемая в послевоенное время в городах – групповая застройка малоэтажными жилыми домами, характеризующаяся группировкой отдельных зданий по периметру и внутри квартала, образующая ряд полузамкнутых дворов. Она отличалась большим разнообразием пространств, способствовала укрупнению квартала, экономичности его решения (сокращала длину улиц-проездов, протяженность инженерных сетей). Главная задача архитектора сводилась к тому, чтобы композиционно связать в единый архитектурный комплекс группы зданий, чтобы они не превратились в однотипные изолированные объекты-пространства, механически нарезанные в структуре квартала (рис. 5) [5]. Варианты такой застройки реализованы в комплексе кварталов между улицами Артиллерийская и Горького, Салютная и Карпенко в г. Челябинске, жилом квартале в г. Люблине (1946–1948 гг.) (рис. 6) [2].

Свободная застройка чаще всего применялась на территориях со сложным рельефом, максимально учитывая природные условия места. При этом расположение зданий и разрывы между ними могли не зависеть от направления улиц, застройка получала живописный вид по фронту улиц, увязывалась с существующими зелеными насаждениями. Характерным примером данного типа малоэтажной застройки является квартал по ул. Парковой в г. Кировске Мурманской области, определенный спецификой активного рельефа (рис. 7) [7]. На территории со спокойным рельефом кварталы также могли получить свободную застройку во внутреннем пространстве при достаточно крупных их размерах и сложных очертаниях (с острыми углами, с переломами границ, криволинейного очертания). При этом границы квартала закреплялись периметральной застройкой, как например, в квартале шинного завода г. Ярославля (проект 1949–1950 гг.) (рис. 8). Величина, форма и направление кварталов могли быть в этот период разнообразными, «осмысленными» через понятие «живая ткань города». Призывая к преодолению «боязни неправильной формы», специалисты-экспериментаторы указывали, что «обязательная типизация

формы квартала, равно как и упражнение в бессмысленном рисовании, приводят к безучастному построению плана, и созданию мертвой ткани города» [4, с. 4].

Строчная застройка зданий с параллельными рядами в одном направлении, обеспечивающая максимально выгодные условия домам по солнечному освещению квартир при ограниченности их номенклатуры, была более характерна для 1920-х – начала 1930-х гг. В 1940-е гг. она редко имела место в чистом виде и была обусловлена некими факторами. Например, такой вариант предлагался для застройки кварталов поселка завода 50 в Заволжском жилом районе г. Ярославля, когда в структуру строчной застройки деревянными двухэтажными домами-бараками встраивался комплекс новых 2-этажных 8-квартирных жилых домов (рис. 9) [8]. Строчная застройка не давала той приватности и уюта внутреннему пространству, оставаясь открытой и сквозной, сливаясь с улицей, растворяя границы квартала, приобретая черты монотонности, однообразия, упрощенности решения. Считалось, что несмотря на многие экономические приоритеты, она не позволяла застройку превратить в единый комплекс с целостным архитектурным восприятием квартала, что было неприемлемо в период доминирования принципов неоклассицизма в градостроительстве. Поэтому в послевоенное десятилетие она использовалась в виде периметрально-строчного типа, также распространенного в 1930-х гг., когда границы квартала закреплялись однорядной застройкой, а его внутреннее пространство застраивалось строчной застройкой (рис. 10). Иногда она комбинировалась и с другими типами застройки (групповой, многорядной, с курдонерами) (рис. 11–12) [2, с. 149, 155]. Большое разнообразие вариантов комбинированной малоэтажной застройки сегодня можно увидеть в структуре г. Магнитогорска, которая сохранилась в виде комплекса кварталов между Московской и Ленинградской улицами, набережной р. Урал и проспектом Ленина.

В случае включения нового жилого комплекса в существующую канву города он, как правило, подчинялся общему характеру архитектурно-градостроительного решения квартала. Общее композиционное построение квартала увязывалось с построением соседних кварталов, застройкой противоположащих сторон улиц, с характером исторической архитектуры, размещением общественных обслуживающих зданий, что способствовало целостности организации среды и композиции.

Анализируя типы и особенности организации капитальной малоэтажной застройки в структуре кварталов и ее развития в городах СССР в послевоенное десятилетие можно утверждать, что:

- она получила распространение по всей территории СССР: в исторических городах в основном в виде дисперсных локальных образований (одного-нескольких кварталов), часто в непосредственной близости от производственных объектов; в новых индустриальных городах данная застройка была осуществлена более масштабно и комплексно;

- характер малоэтажной застройки определялся в основном спецификой построения внутреннего пространства кварталов при наличии периметрального закрепления границ квартала, многообразием вариантов по сравнению с довоенным периодом. Преимущественное распространение получили групповая и комбинированная застройка, что было обусловлено крупными габаритами кварталов, их конфигурацией и ориентацией, окружением, экономической эффективностью решений;

– основными принципами композиции застройки кварталов была их осевая симметрия (допускалась симметрия кварталов относительно оси зеленого бульвара-сквера между ними и др.), ритмометрические чередования элементов застройки и пространств, их артикуляция;

– отсутствие возможности использования широкого разнообразия проектов жилых зданий, одновременно требование формирования образного характера застройки вынуждало архитекторов использовать приемы чередования двух-трех типов зданий, экспериментировать с фрагментарным повышением их этажности, отдельными архитектурными элементами и фактурными приемами обработки стен.

Варианты малоэтажных застроек приведены на рис. 1–12.

1. Варианты периметральной одно- и многорядной малоэтажной застройки кварталов (с отступами и курдонерами)

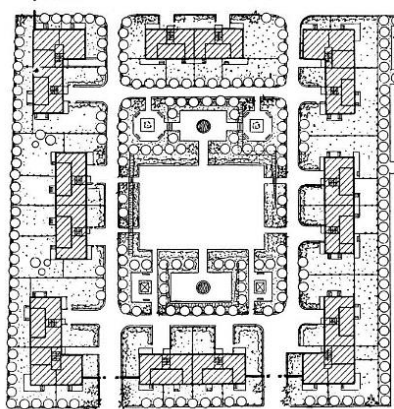


Рис. 1. Жилой квартал в Коломенском поселке автозавода Сталина, 1940-е гг.

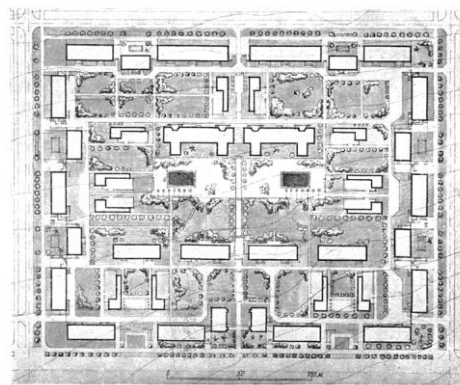


Рис. 2. Проект жилого квартала в Магнитогорске, 1940-е гг.

2. Варианты периметральной тупиковой малоэтажной застройки кварталов

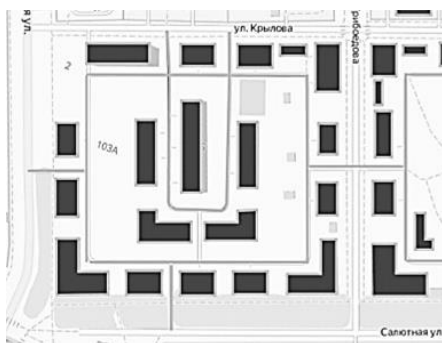


Рис. 3. Жилой квартал в г. Челябинске, 1940–1950-е гг.

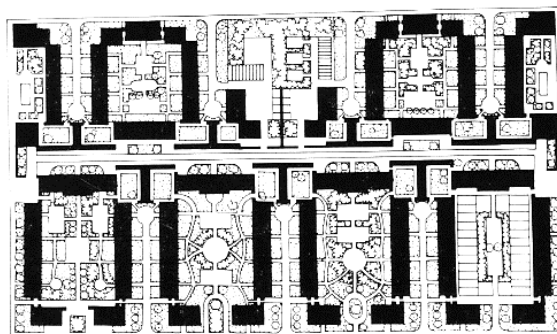


Рис. 4. Жилой квартал в г. Урицке, проект 1947 г.

3. Варианты периметральной групповой малоэтажной застройки кварталов

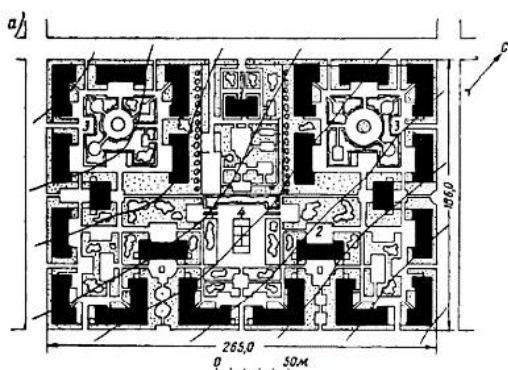


Рис. 5. Образцовый квартал, 1940-е гг.

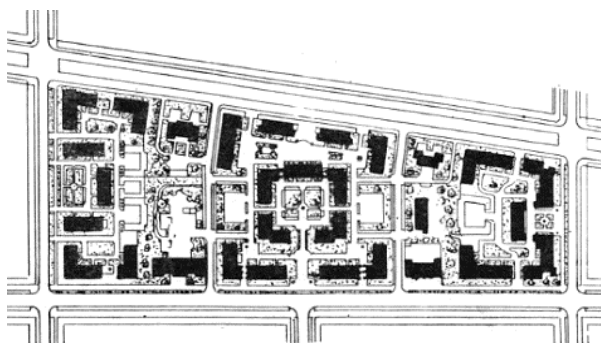


Рис. 6. Жилой квартал в г. Люблине (1946–1948 гг.)

4. Варианты периметральной свободной малоэтажной застройки кварталов



Рис. 7. Застройка по ул. Парковой в г. Кировске Мурманской области

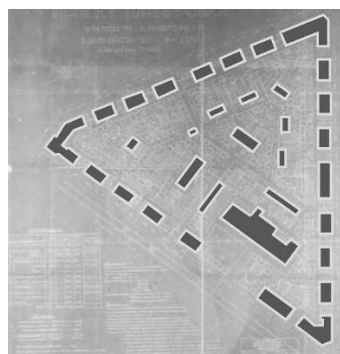


Рис. 8. Жилой квартал шинного завода в г. Ярославле (1940-е – нач. 1950-х гг.)

5. Варианты строчной и периметральной строчной малоэтажной застройки кварталов

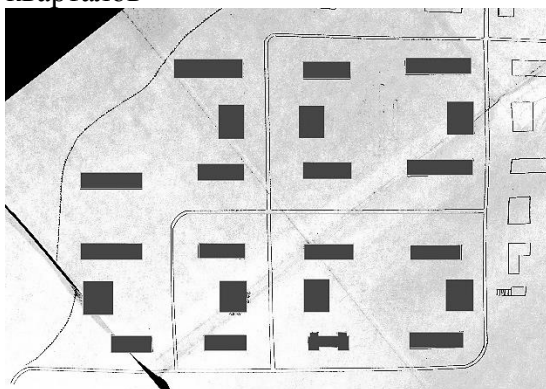


Рис. 9. Проект застройки поселка завода 50 в г. Ярославле, 1950-е гг.

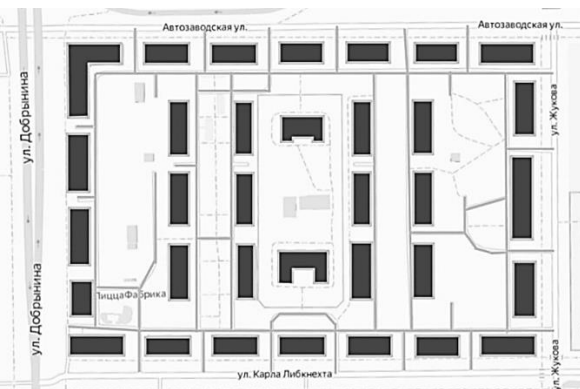


Рис. 10. Жилой квартал автозавода в г. Ярославле (1940-е – нач. 1950-х гг.)

6. Варианты комбинированной малоэтажной застройки кварталов

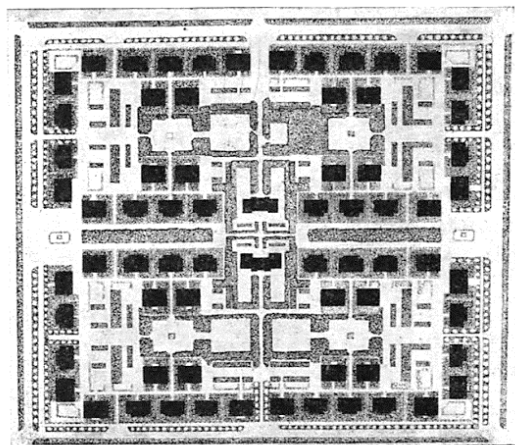
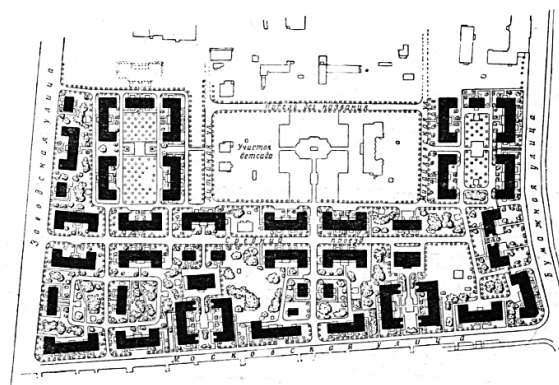


Рис. 11. Поселок Горьковского автозавода им. В. М. Молотова. 1948 г.



Генеральный план квартала

Рис. 12. Жилой квартал на Московской ул. в Ленинграде, 1947–1948 гг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сапрыкина, Н. С. Эволюция архитектуры жилища в советский период : учебное пособие / Н. С. Сапрыкина ; Ивановский государственный архитектурно-строительный университет. – Иваново : ИГАСУ, 2011. – 160 с. – Текст : непосредственный.
2. Шасс, Ю. Е. Архитектура жилого дома. Том 1. Поселковое строительство 1918-1948 годов / Ю. Е. Шасс. – Москва : Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951. – 200 с. – Текст : непосредственный.
3. Барашков, Ю. А. Архангельск : архитектурная биография / А. Ю. Барашков. – 2-е изд., испр. и доп. – Архангельск : Северо-Западное книжное издательство, 1984. – 160 с. – Текст : непосредственный.
4. Мостаков, А. Квартал в системе города / А. Мостаков. – Текст : непосредственный // Архитектура СССР. – 1940. – № 9. – С. 4-6.
5. Куренной, М. И. Планировка и застройка рабочих поселков / М. И. Куренной ; под общей редакцией В. В. Кратюка. – Москва : Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1956. – 112 с. – Текст : непосредственный.
6. Быкова, Г. Д. Андрей Оль / Г. Д. Быкова. – Ленинград : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1976. – 136 с. – (Мастера архитектуры). – Текст : непосредственный.
7. Иголкин, Н. В. Этапы развития и ценностные характеристики архитектурно-планировочной структуры городов Кольского Севера 1920-х-1959-х гг. : на примере Мурманска, Кировска и Мончегорска : специальность 2.1.11 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Иголкин Никита Владимирович ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2022. – Том 1-2. – 534 с. – Текст : непосредственный.
8. Государственный архив Ярославской области (ГАЯО). Фонд Р-851. Опись 1. Дело 143. Лист 4. – Текст : непосредственный.



**SAPRYKINA Natalya Sergeevna, doctor of architecture, associate professor,
holder of the chair of urban development**

TYPES AND CHARACTERISTICS OF LOW-RISE HOUSING IN SOVIET CITIES IN THE POST-WAR DECADE

Academy "MUBiNT"

80, Sovetskaya St., Yaroslavl, 150999, Russia. Tel.: 8 800 700 1600, ext. 2510;

e-mail: saprykinans@edu.mubint.ru

Key words: urban planning, architecture, USSR, city, residential area, planning, low-rise development, post-war decade, type, specificity, house.

The article analyses the specifics of low-rise residential development of neighbourhoods which appeared on the territory of Soviet cities in the post-war decade. Differences in approaches to the design and construction of such development in the regions and in Moscow and Leningrad are revealed. The characteristic types and methods of development of neighbourhoods in cities of the USSR are examined, and the peculiarities of their composition are revealed.

REFERENCES

1. Saprykina N. S. Evolyutsiya arkhitektury zhilishcha v sovetskiy period [Evolution of housing architecture in the Soviet period]: ucheb. posobie. Ivanov. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Ivanovo: IGASU, 2011. 160 p.
2. Shass Yu. E. Arkhitektura zhilogo doma. T. 1. Poselkovoe stroitelstvo 1918-1948 godov [Architecture of the dwelling house. Vol. 1. The Settlement Construction of 1918–1948]. Moscow: Gos. izd-vo literatury po stroitelstvu i arkhitekture, 1951. 200 p.
3. Barashkov Yu. A. Arkhangel'sk. Arkhitekturnaya biografiya [Arkhangelsk. Architectural Biography]. Arkhangelsk : Severo-Zapadnoe knizhnoe izdatelstvo, 1984. 160 p.
4. Mostakov A. Kvartal v sisteme goroda [The block in the city system]. Arkhitektura SSSR [Architecture of the USSR]. 1940. № 9. P. 4-6.
5. Kurenov M. I. Planirovka i zastroyka rabochikh posyolkov [Planning and Development of Workers' Villages]. Pod obshchey red. V.V. Kratyuka. Moscow : Gos. izd-vo literatury po stroitelstvu i arkhitekture, 1956. 112 p.
6. Bykova G. D. Andrey Ol [Andrey Ol]. Leningrad : Stroyizdat, Leningradskoe otdel., 1976. 136 p. – (Mastera arkhitektury).
7. Igolkin N. V. Etapy razvitiya i tsennostnye kharakteristiki arkhitekturno-planirovochnoy struktury gorodov Kolskogo Severa 1920-kh-1959-kh gg. (na primere Murmansk, Kirovsk i Monchegorsk) [Stages of development and value characteristics of architectural and planning structure of towns of the Kola North in 1920-1959 (by the example of Murmansk, Kirovsk and Monchegorsk)] : spetsialnost 2.1.11 : diss. ... cand. arkhitektury ; Sankt-Peterbur. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Saint-Petersburg, 2022. Vol. 1-2. – 534 p.
8. Gosudarstvennyy arkhiv Yaroslavskoy oblasti [State Archive of the Yaroslavl Region]. F. R-851. Op. 1. D. 143. P. 4.

© Н. С. Сапрыкина, 2024

Получено 25.12.2023 г.



УДК 72.025.4:72.03(470.341-25)

А. А. РОМАНОВА, аспирант, асс. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования; **Т. В. ШУМИЛКИНА**, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования

СОБЫТИЙНАЯ РЕСТАВРАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НИЖНЕГО НОВГОРОДА К 800-ЛЕТИЮ ГОРОДА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;
эл. почта: ist_arh@nngasu.ru

Ключевые слова: событийная реставрация, Нижний Новгород, 800-летний юбилей, объекты культурного наследия.

Дается определение понятия «событийная реставрация», исследуется опыт реставрации объектов культурного наследия в Нижнем Новгороде, приуроченной к 800-летию города.

История архитектуры знает много примеров того, как отдельные сооружения создавались по случаю какого-либо значительного события. В этом ряду, прежде всего, можно вспомнить храмы-монументы XVI века. Мемориальные шатровые храмы, которые появились в XVI столетии, ставились в память о важнейших событиях (церковь Вознесения в селе Коломенском, церковь Иоанна Предтечи в селе Дьяково, храм Василия Блаженного в Москве). Позднее памятные храмы и часовни создавались в честь военных событий и побед русского государства (Казанская церковь в Москве, Чесменская часовня в Санкт-Петербурге, храм Христа Спасителя в Москве, Триумфальные ворота после войны 1812 г.). В новейшее время второй половины XX века этот ряд пополнился сооружениями, посвященными важнейшим событиям победы в Великой Отечественной войне, а также монументами и памятными местами, связанными с великими представителями русской культуры (А. С. Пушкин, М. Ю. Лермонтов, Л. Н. Толстой, Ф. М. Достоевский и др.).

В конце XX столетия кроме создания новых сооружений, связанных со значительными событиями, возникла проблема реставрации сохранившихся памятников истории и культуры. Зачастую такая реставрация была приурочена к юбилейным датам и важным историческим событиям в различных городах нашей страны (всемирные фестивали, олимпиады и т. д.). Это явление в архитектуре мы определяем, как **событийная реставрация**, а именно: активизация реставрационного процесса, драйвером которого выступали значительные события регионального, российского или международного значения.

Наиболее активное развитие событийная реставрация получила на рубеже XX–XXI вв. в связи с юбилейными датами старинных русских городов, которые повлекли значительные архитектурные и реставрационные преобразования во многих городах России (Москва, Санкт-Петербург, Владимир, Тула, Красноярск, Минусинск, Пятигорск, Суздаль, Великий Новгород, Псков, Ярославль, Кострома).

В данной статье ставится задача проследить особенности событийной реставрации, произошедшие в Нижнем Новгороде в связи с 800-летним юбилеем города в 2021 году. Благодаря пониманию ценности архитектурного и исторического своеобразия древнего города данное событие поспособствовало крупному переосмыслению архитектурно-градостроительного пространства Нижнего Новгорода.

Общая концепция преобразований, основанная на стратегии устойчивого развития территории города, включала:

- реконструкцию ансамбля Нижегородского кремля;
- реставрацию объектов культурного наследия;
- создание новых общественных пространств в исторической среде города.

В преддверии исторического события, были проведены общественные обсуждения Институтом развития городской среды совместно с общественным «Центром 800», которые разработали программу «Среда 800». В соответствии с ней для каждой выявленной территории была предложена своя концепция развития, что позволило включить нижегородцев в соучастники процесса городских преобразований [1].

Безусловно, самые значительные преобразования произошли в Нижегородском кремле. Древнейшая крепость, основанная в 1221 г. князем Юрием Всеволодовичем, всегда была оборонительным, политическим, административным и композиционным центром города [2]. Преобразования, произошедшие к 800-летию Нижнего Новгорода, превратили кремль в культурно-просветительный центр, который наполнился новыми функциональными зонами и смыслами. Этому способствовал целый ряд реставрационных мероприятий. Наиболее важными из них можно считать масштабные работы по реставрации кремлевских стен и башен, а также возрождение исторического облика кремлевского ансамбля, который включает в себя воссоздание колокольни Спасо-Преображенского собора, церкви Симеона Столпника и реставрацию здания Манежа с церковью Николая Чудотворца (рис. 1 цв. вклейки).

Колокольня Спасо-Преображенского собора (1716 г.) и сам собор были утрачены в 1920-гг. Воссоздание колокольни проводилось в соответствии с историческими документами, полностью сохраняя ее пропорции и форму (рис. 2 цв. вклейки). С появлением колокольни высотой более 50 м кремль обрел активную историческую доминанту, которая обогатила не только весь архитектурный ансамбль, но стала важным элементом речной панорамы города [3].

Церковь Симеона Столпника (1743 г.) находилась на месте бывшего Симеоновского монастыря рядом с Белой башней. Церковь была полностью разрушена в 1928 г. Площадка пустовала до 1960-х гг., но в 2018 г. институтом археологии РАН были проведены раскопки и обнаружены фрагменты утраченной церкви. Воссоздание облика храма проводилось на начало XIX в. на основании гравюр А. Е. Мартынова и анализа историко-архивных исследований [4]. Вновь возведенное здание церкви Симеона Столпника повторяет традиционное композиционное решение типа «корабль» (рис. 2 цв. вклейки).

Реставрационные работы, которые проводились на здании Манежа, представляют собой реставрацию с приспособлением – научно-исследовательские и производственные работы, проводимые в целях создания условий для

**К СТАТЬЕ А. А. РОМАНОВОЙ, Т. В. ШУМИЛКИНОЙ
«СОБЫТИЙНАЯ РЕСТАВРАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
НИЖНЕГО НОВГОРОДА К 800-ЛЕТИЮ ГОРОДА»**

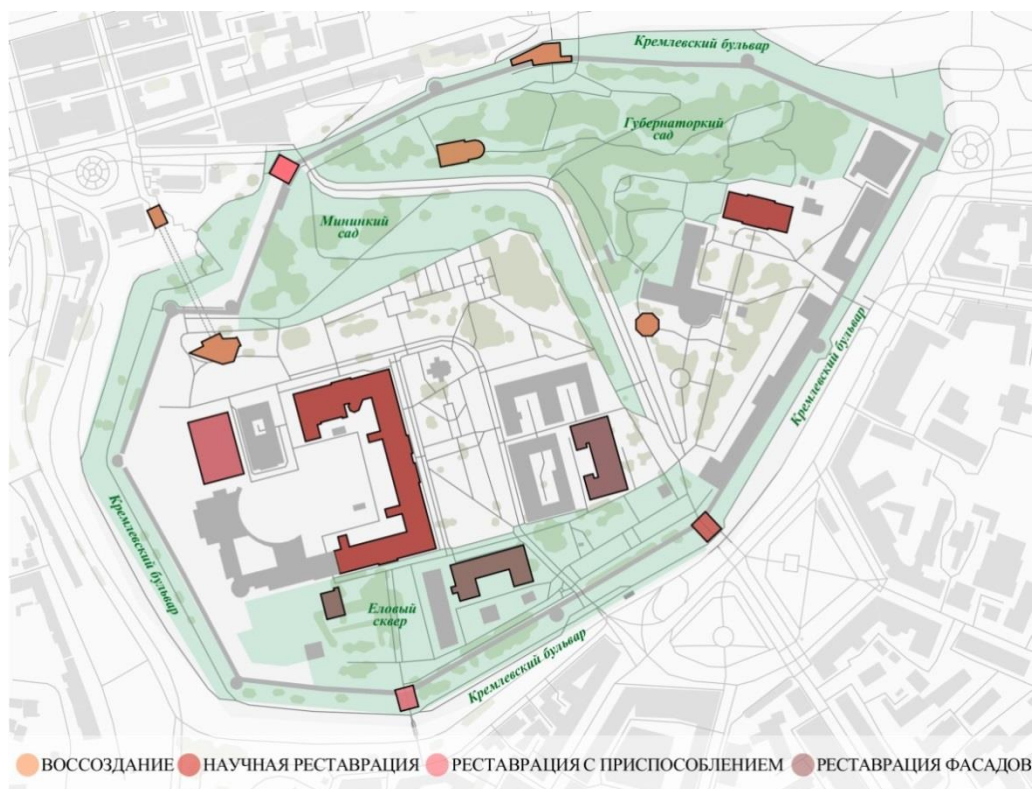


Рис. 1. План (схема) объектов реставрации на территории Нижегородского кремля



Рис. 2. Объекты культурного наследия после проведения реставрационных работ. Фото 2021 г.: 1. Дом военного губернатора. 2. Колокольня Спасо-Преображенского собора. 3. Здание Манежа с домовою Никольской церковью. 4. Храм Симеона Столпника

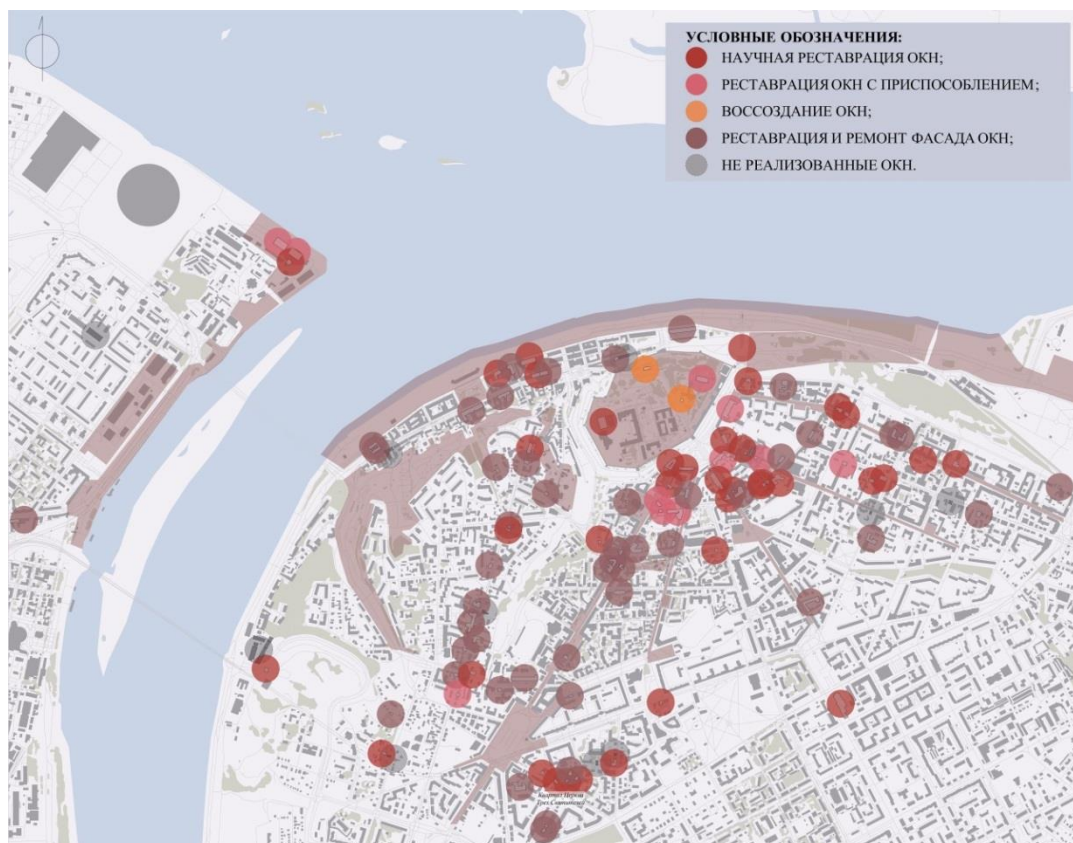


Рис. 3. Карта-схема размещения объектов реставрации в структуре общественных пространств на территории Нижнего Новгорода

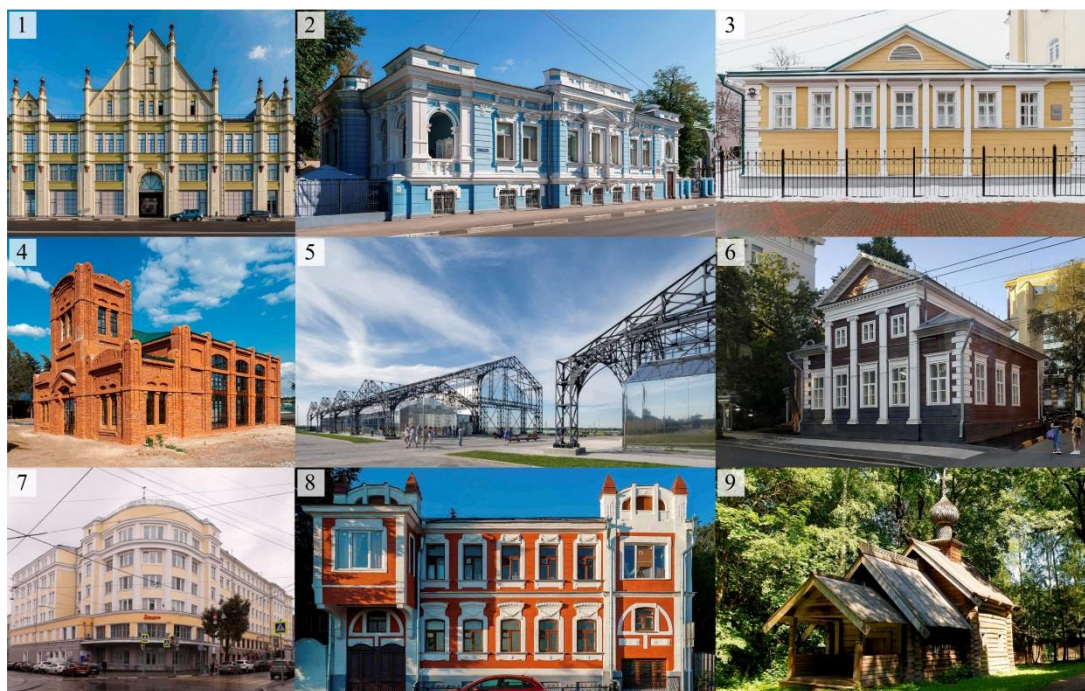


Рис. 4. Объекты реставрации на территории города после проведения реставрационных работ. Фото 2021 г.: 1. Комплекс банка Рукавишникова. 2. Особняк Иконникова. 3. Дом жилой на ул. Ульянова, 8. 4. Ярмарочная водозаборная станция. 5. Металлические конструкции павильонов на Стрелке. 6. Дом М. Ф. Щелокова. 7. Общежитие с кинотеатром «Рекорд». 8. Дом И. М. Грибкова. 9. Церковь из с. Зеленое



современного использования объекта культурного наследия¹. Здание Манежа с домово́й Никольско́й церковью (1841 г.) к началу XXI в. находилось практически в руинированном состоянии, поскольку часто меняло свое назначение. После проведенной реставрации, которая началась в 2000-х гг., был восстановлен исторический облик здания Манежа, который используется как выставочное пространство. К юбилею города в 2021 г. была освящена и возрожденная церковь Николая Чудотворца (рис. 2 цв. вклейки).

Значительные реставрационные работы, связанные с планировкой и оформлением интерьеров, были проведены на здании Дома военного губернатора (1841 г.), где расположена экспозиция Нижегородского государственного художественного музея (рис. 2 цв. вклейки).

Наряду с реставрационными работами на архитектурных памятниках кремля, были проведены мероприятия по благоустройству его территории, в том числе: реконструкция Центральной площади и площадки с мемориалом «Вечный огонь», Ивановского съезда и Кремлевского бульвара. Помимо этого, внутри кремлевской территории возникли новые общественные пространства: Губернаторский сад, Мининский сад и Еловый сквер с комфортной организацией игрового пространства для отдыха с детьми. В результате проведенных работ по реставрации и реконструкции Нижегородский кремль стал культурно-образовательным центром, духовно-просветительским комплексом и обновленным общественным пространством для нижегородцев и гостей города. По словам О. В. Орельской: «Преображение Нижегородского кремля является одним из самых масштабных проектов в Нижнем Новгороде в рамках приоритетного национального проекта России – «Сохранение культурного наследия», который входит в перечень основных направлений стратегического развития страны», стал одним из самых масштабных проектов 800-летия Нижнего Новгорода [5, с. 91].

Что касается реставрации объектов культурного наследия за пределами кремлевской территории, то в пределах исторической части Нижнего Новгорода событийная реставрация была комплексно реализована на 106 объектах культурного наследия, из которых 74 каменных и 32 деревянных здания (рис. 3 цв. вклейки).

Среди реализованных объектов наиболее значимыми примерами научной реставрации можно назвать комплекс банка Рукавишников (Корпус промышленный) и Ярмарочную водозаборную станцию, Общежитие института инженеров водного транспорта с кинотеатром «Рекорд», Металлические конструкции павильонов Центрального здания Всероссийских выставок 1882 и 1896 годов на Стрелке. В свою очередь, среди памятников деревянного зодчества примером проведения научной реставрации стали дом М. Ф. Щелокова (ул. Варварская, 8), Жилой дом на ул. Ульянова, 8, а также реставрационные работы на объектах деревянного зодчества на территории «Архитектурно-этнографического музея-заповедника «Щелковский хутор» (рис. 4 цв. вклейки).

¹Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федер. закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 14.04.2023): [принят Государственной Думой 24 мая 2002 г.: Одобрен Советом Федерации 14 июня 2002 г.]. – Москва, 2002.



Анализ проведенных ремонтно-реставрационных работ позволил заключить, что количественное и процентное соотношение видов работ на различных объектах каменного и деревянного зодчества распределяется следующим образом: научная реставрация – 34 шт. (29,9 %); реставрация с приспособлением – 9 шт. (7,9 %); реставрация и ремонт фасада – 58 шт. (50,9 %) от общего числа заявленных объектов культурного наследия.

Наряду с проведенными работами по реставрации объектов культурного наследия к юбилею Нижнего Новгорода были реализованы значительные мероприятия по преобразованию существующих и формированию новых общественных пространств, в число которых вошли набережные, парки, скверы, сады, бульвары. В рамках федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» были запроектированы и реализованы такие общественные пространства, как Нижневолжская и Нижнеокская набережные, набережные Федоровского и Гребного канала, территория Стрелки с ярмарочной площадью, а также реконструкция Александровского сада.

Вместе с повышением уровня комфорта этих пространств была сформирована система новых взаимосвязанных общественных благоустроенных территорий, наполненных функциональными и культурными точками притяжения.

В заключение необходимо сделать вывод о том, что важнейшее историческое событие – юбилей города, стал тем драйвером, который активизировал общественно-экономическую, культурную и туристическую жизнь города. Характерной особенностью этих преобразований стал тот факт, что именно реставрация явилась важнейшей составляющей всех юбилейных мероприятий, результатом которых стал обновленный Нижний Новгород с возрожденной историей, привлекающей не только нижегородцев, но также многочисленных гостей нашего города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нижегородский кремль. Официальный сайт : сайт. – URL: <https://kremlnn.ru> (дата обращения: 30.01.2023). – Текст : электронный.
2. Агафонов, С. Л. Нижегородский кремль / С. Л. Агафонов ; под редакцией И. С. Агафоновой, А. И. Давыдова. – 3-е изд., доп. и перераб. – Нижний Новгород : Кварц, 2019. – 240 с. : ил. – ISBN 978-5-903581-19-1. – К 800-летию Нижнего Новгорода. – Текст : непосредственный.
3. Шумилкин, С. М. Воссоздание соборного ансамбля в Нижегородском кремле / С. М. Шумилкин, Т. В. Шумилкина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 4(68). – С. 174–182.
4. Хмелевская, Д. Д. Воссоздание утраченных исторических архитектурных объектов в Нижнем Новгороде / Д. Д. Хмелевская, С. М. Шумилкин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 4(68). – С. 183–188.
5. Орельская, О. В. Преобразование облика исторического центра города (на примере Нижнего Новгорода) / О. В. Орельская. – Текст : непосредственный // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году. – Нижний Новгород, 2022. – Том 1. – С. 88–96.



ROMANOVA Anastasiya Aleksandrovna, assistant, postgraduate student of the chair of history of architecture and foundations of architectural designing;
SHUMILKINA Taisya Vasilevna, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and foundations of architectural designing

EVENT RESTORATION BY THE EXAMPLE NIZHNY NOVGOROD' TRANSFORMATIONS TO THE 800TH ANNIVERSARY OF THE CITY

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37

Key words: event restoration, Nizhny Novgorod, 800th anniversary, cultural heritage sites.

The article defines the concept of "event restoration", examines the experience of restoration of cultural heritage sites in Nizhny Novgorod, dedicated to the 800th anniversary of the city.

REFERENCES

1. Nizhegorodskiy kreml. Ofitsialny sayt [Nizhny Novgorod Kremlin. Official website] : website. – URL: <https://kremln.ru> (data obrashcheniya: 30.01.2023).
2. Agafonov S. L. Nizhegorodskiy kreml [The Nizhny Novgorod Kremlin] : pod red. I. S. Agafonovoy, A. I. Davydova. – 3-e izd., dop. i pererab. – Nizhny Novgorod : Quartz, 2019. – 240 p. : il. – ISBN 978-5-903581-19-1. – K 800-letiyu Nizhnego Novgoroda.
3. Shumilkin S. M., Shumilkina T. V. Vossozdanie sobornogo ansamblya v Nizhegorodskom kremle [Reconstruction of the cathedral ensemble in the Nizhny Novgorod Kremlin] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2023. – № 4(68). – P. 174–182.
4. Khmelevskaya D. D., Shumilkin S. M. Vossozdanie utrachennykh istoricheskikh arkhitekturnykh obektov v Nizhnem Novgorode [Reconstruction of lost historical architectural objects in Nizhny Novgorod] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2023. – № 4(68). – P. 183–188.
5. Orejskaya O. V. Preobrazovanie oblika istoricheskogo tsentra goroda (na primere Nizhnego Novgoroda) [Transformation of the appearance of the historical city center (using the example of Nizhny Novgorod)] / 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 the Russian Academy of Sciences on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2021]. – Nizhny Novgorod, 2022. – Vol. 1. – P. 88–96.

© **А. А. Романова, Т. В. Шумилкина, 2024**

Получено: 12.03.2024 г.



УДК 72.01

М. В. ДУЦЕВ, д-р архитектуры, доц., зав. кафедрой дизайна архитектурной среды¹, проф. кафедры архитектуры инженерной академии², вед. науч. сотрудник, зав. отделом проблем теории архитектуры³; **А. А. КУРБАТОВ**, магистрант кафедры дизайна архитектурной среды¹

К НОВЫМ ОНТОЛОГИЯМ В АРХИТЕКТУРЕ. ЧАСТЬ 1. ЭВОЛЮЦИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-05-52;
эл. почта: nn2222@bk.ru

²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. Тел.: +7 (499) 936-87-87;
эл. почта: rudn@rudn.ru

³Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» НИИТИАГ
Россия, 111024, Москва, ул. Душинская, д. 9. Тел./факс: (499) 951-82-72;
эл. почта: niitag@yandex.ru

Ключевые слова: архитектура, философия, объектно-ориентированная онтология, спекулятивный реализм, новый материализм.

Статья является первой частью исследования актуальной проблемы онтологического поворота в теории и практике архитектуры. Авторами рассматриваются связи между архитектурой и философией, представленные в четырех онтологических схемах. Определение каждого типа и анализ их проекций в теорию архитектуры составили специфику настоящей статьи. Первые три схемы при этом обозначаются как традиционные онтологии, поскольку представляют разные иерархические структуры. Четвертая схема обозначается как новая онтология, поскольку является «плоской», что задает более широкий выбор возможных профессиональных коммуникаций и пространственных решений.

В конце XX – начале XXI вв. происходят значительные изменения в социальных и философских науках, связанные с материалистическим поворотом, пришедшим на смену лингвистическому. Одной из первых значительных теорий в этом направлении является АСТ (акторно-сетевая теория), совмещающая в себе семиотический и материальный подходы и рассматривающая все объекты как действующие (в таком случае все объекты становятся акторами). Принципиальная симметричность отношений в этой теории «уплощает» и онтологию (науку о бытии). Стоит отметить, что под новой онтологией мы понимаем плоскую онтологию. Плоская онтология – это онтология, в которой принципиально отсутствует «суперобъект», именно в этом заключается ее принципиальная новизна.

Под именем новой онтологии скрывается множество достаточно разнородных и во многом противоречащих друг другу течений и теорий. Условно схожим элементом между ними является плоская, не иерархичная структура, в которой ни один объект не сводится к другому и обладает равной реальностью. Таким образом, они противостоят любым видам центризма (гео-, антропо-, тео-).



Основным следствием из плоской структуры онтологии является оспаривание классической модели частей и целого, поскольку каждая часть – целый объект.

Плоская онтология претендует на то, чтобы считаться подлинно реалистичной, поскольку реальность объектов не сводится к чему-либо в полной мере описываемому и объяснимому, что характеризует ее как анти-редукционистскую. Повышение интереса к онтологии в философии соотносится с падением интереса к эпистемологии, теперь вопрос о существовании объекта не подменяется его познаваемостью, что и открывает пространство для определенных спекуляций.

Наше предположение заключается в том, что встречу архитектуры и философии возможно представить на уровне схем. В своей книге «Во имя материи: Критические и метафизические исследования» А. Ветушинский достаточно четко артикулирует четыре варианта онтологического схематизма, речь о которых пойдет далее. Итак, в теории и истории философии условно можно выделить четыре типа онтологического схематизма: 1. Суперобъект возвышается над всем и все объемлет, все является его частями (Бытие, Бог, Целое). 2. Суперобъект лежит в основании всего, все состоит из одинаковых частиц (атомизм, натурализм). 3. Суперобъект, относительно которого все существует (человек), середина и центр реальности – эта позиция характерна для критической и посткритической философии (корреляционизм). 4. Плоская онтология. Отсутствие суперобъекта. Важным моментом в этой схеме является то, что ни один объект не связан со всеми объектами в мире, а все связи локализуемы и временны [2]. Таким образом, существуют «верхняя», «нижняя», «серединная» схемы «старых онтологий» и четвертая, которая радикально от них отличается тем, что не ограничивает автономию объектов.

Итак, цель данного исследования заключается в выявлении симбиотических связей между архитектурой и философией в рамках онтологии. Предполагается, что выявленные связи позволят проследить, как меняются траектории видения и движения мысли, при этом эта связь всегда не прямая и напоминает скорее перевод. Это, в свою очередь, может переопределить место архитектуры и архитектора в мире, обновить дискурс соотношения частей и целого, внешнего и внутреннего, в целом пересобрать архитектурную среду как совокупность теории и практики. При этом стоит отметить, что онтологическая оптика, приведенная в тексте, является «одной из» и не имеет привилегированного значения. Также важно, что каждый объект превосходит его описание какой-либо оптикой.

Можно сказать, что «верхний» схематизм характерен для иконических зданий, где есть какое-то тотализируемое целое, которое подавляет автономию частей. «Верхняя» схема проявляется в культовой архитектуре, которая в своих пропорциях и функции в общем-то является нечеловеческой. Так, православные храмы являются местом пребывания Бога, при этом изображая и рай, и землю, и каждого человека. Любопытно, что похожий подход к строительству культовых сооружений можно увидеть не только в монотеистических религиях, но и у представителей язычества. Древние Египетские пирамиды как усыпальницы фараонов (стоит отметить, что фараоны наделены божественным статусом) имеют циклопические масштабы и могут выглядеть в нашей оптике как крайне нерациональное использование ресурсов, но вполне уместной с позиции верхнего суперобъекта.

Причем Целым может выступать не только что-то трансцендентное, но и имманентные объекты, например, общество. В архитектуре это проявляется в социальных проектах, которые могут игнорировать индивидуальное в пользу общественного. Хорошая иллюстрация – архитектура тоталитарных режимов, которая воздействует на субъект своим масштабом и диктует свою эстетическую программу, являющуюся разновидностью холизма, противоположным редукции и нивелирующим автономию частей. Вместе с тем о работе «верхнего» схематизма можно говорить в «бумажной архитектуре», где, как правило, все подчиняется какой-то одной «большой идее». Именно сведение архитектуры к диаграммам является редуктивной операцией в пользу цельного замысла. Как в структурализме эти концепции предполагают отсутствие субъекта, но наличие структур его производящего.

Чаще всего «нижняя» схема в теории связана с античным атомизмом и натурфилософией. Витрувий в своем трактате об архитектуре согласен с атомизмом; для него очевидно, что все состоит из «определенного сочетания и смешения основных начал» [3, с. 39]. Во многом поэтому содержание второй книги занимает подробное описание материалов, применяемых в строительстве, их качеств и свойств. Витрувий разделяет начала здания и происхождение архитектуры, поскольку архитектуру он считает наукой, состоящей из теории и практики, а предметом архитектуры – знание. Но, несмотря на высказанную солидарность с атомизмом он, скорее, придерживается античного гилеморфизма, понимая архитектора как демиурга, который облекает материю в форму. Вещь для него трактуется в свете дихотомии активной формы и пассивной материи. В этом и проявляются субъектно-объектные отношения, лежащие в основе теории, речь о которых пойдет ниже. Для архитектуры, скорее, характерна гилеморфная метафора, всегда есть демиург (архитектор), управляющей материей. Как это определяет Ле Корбюзье – «архитектура состоит в том, чтобы из необработанного материала создать впечатляющие соотношение форм», «вдохновение превращает инертный камень в драму» [5, с. 11]. Несмотря на это, у модернистских архитекторов часто встречается фетишизация промышленных деталей (двухавры Мис ван дер Роэ) и их промышленного производства. Идеальной в своей доступности является архитектура, произведенная из готовых фабричных деталей. Индустриальный, типовый элемент, который многократно воспроизводимый – главный герой этого нарратива. Также Ле Корбюзье развивает мысль: «В строительстве городов и селений, улиц домов, квартир – в деле создания человеческого жилья – все определяет первичная жилая ячейка» [5, с. 192], составной частью определяющей целое градостроительства является жилая ячейка; и это соотносится с тем, как клетки определяют жизнеспособность всего организма. При описании такой жилой ячейки акцент всегда ставится на ее грамотное планирование и на функции, которые она должна выполнять. Все это должно способствовать «порядку жизни» человека, в этой интенции можно увидеть гуманистический посыл, такая архитектура комфортна, в ней все под рукой (эргономика, радиусы обслуживания). В стремлении планирования жизни и желании научной точности выражается основа модернистского пафоса. Проблема заключается в нежелании архитектора делегировать какую-либо актантность пользователям его архитектуры (они машины, работающие по одному алгоритму), пользователь буквально безропотно обязан выполнять то, что ему говорит архитектура (хотя очевидно, что любой человек может менять среду своего



обитания). Ставка на гуманизм не работает, поскольку архитектура производит человека для себя самой. Так, архитектура – это машина, производящая машины (своего рода завод). Корни деантропологизации в скорости, которую дарует «машинный век», поскольку человеческое – это всегда запаздывание и предвосхищение. «Машина – новая кожа, новый более чуткий посредник, с помощью которого рождаются новые переживания и ощущения, машина – это скоростное преобразование ближайшей и дальней среды человеческого обитания» [7, с. 21]. Эти скорости позволяют объединить все в целое, создать универсум. Именно поэтому авангардисты так любят самолеты и поезда, поскольку эти машины объединяют мир.

Рабочий элемент, введенный Корбюзье – модулер, может сбить с толку, поскольку напоминает витрувианского человека и, казалось бы, точно адресует к гуманизму. Сам Корбюзье определяет его следующим образом: «модулер – это средство измерения, основой которого является рост человека и математика» [5, с. 250]; таким образом, это человеческая размерность в целях упорядочивания полностью отчуждена от человека, «человеческое захватывается динамикой машинного мимесиса» [7, с. 23]. Именно порядок геометрических форм, образованных математически, раскрывает суть природы и самого человека. Основной смысл передается инструменту-посреднику (модулеру), само же произведение этого смысла не имеет. При этом сам модулер задуман с целью стандартизации и расчета экономической целесообразности готовых заводских деталей, а не для комфорта потребителя архитектуры. То же можно увидеть в проекте Малевича, черный квадрат – это такое же орудие построения новой живописи. Архитектон – инструмент-шаблон, но уже по построению архитектурных объектов.

Если рассматривать «нижнюю» схему более широко, то можно говорить о разных вариантах монизма или потоках становления. В этих системах объект понимается как кристаллизация потока становления или модальность единого. Живопись футуризма является хорошим примером, в ней объект взрывается, и мы видим лишь излучения, потоки линий и волн. Так, Сэнфорд Квинтер, обращаясь к итальянскому футуристу Умберто Боччони, создает теоретическую модель онтологии становления [8]. Такое понимание в архитектуре характеризуется увлечением контекстуальными линиями сил и интенсивностями. Объект превращается в точку пересечения различных силовых линий, он является многократным конъюнктивным синтезом. Отсутствие единого композита как организма заменяется бесконечным количеством коннекций, сингулярностей и синтезов. При этом данная структура наиболее близка новым онтологиям, поскольку ни один элемент не обладает в ней приоритетом при создании машины. Развитие этого подхода с новой теоретической перспективы можно обнаружить у Мануэля Де Ланда в его «Теории ассамбляжей 2.0» и у многих теоретиков «нового материализма», активно работающих с делезианской мыслью. Но отличительным является онтологическая не вложенность объектов друг в друга – «онтологически ассамбляжи, большие и малые, всегда являются уникальными единичными индивидами» [4, с. 39].

Очевидным является широкое распространение «серединной» схемы в архитектуре, центром для которой традиционно выступает человек, который и задает реальность других объектов, что формирует принципиальную асимметричность отношений. Антропоцентризм пронизывает почти всю



архитектурную теорию и практику, все функции и пропорции соотнесены с человеком. Человеческое познание в этом случае является привилегированным доступом к миру, при этом уменьшая значимость других вариантов доступа к нему. Основным человеческим коррелятом на равне с сознанием выступает язык. Эти объекты составляют мир, поскольку они обеспечивают нас внешним, уже правда, скоррелированным с нами самими, что приводит нас к замкнутости в этой экстерииорности. Таким образом, все, с чем мы сталкиваемся, в мире существует уже в корреляции с мышлением. Идея «Великого Внешнего», которое не сводится к отношению с человеком и не зависит от того, мыслим мы его или нет, «такое Внешнее, которое мысль могла бы постигать с оправданным чувством пребывания на чужой территории – в совершенно чуждом ей месте» [6, с. 15] и есть суть спекулятивной мысли, противопоставленной корреляционному. Одним из способов разрыва корреляционистского круга является трансценденталистская аргументация. Реальное внешнее подразумевается, как условие возможности практик, деятельности и нового.

Любая архитектура, ориентированная только на человека, зачастую впадает в «серединный» схематизм, игнорируя реальность остальных объектов, вне соотнесения их с человеком. Стоит отметить, что базовая предпосылка плоской онтологии заключается в признании того, что все объекты одинаково существуют онтологически, но существуют по-разному онтически, такой тезис Леви Брайант называет демократией объектов [1].

В понятии среды имплицитно присутствует корреляционистская «двухходовка», суть которой в постановке на первое место отношений и их конституирующей функции, а членов отношения на второе место. Это интересным образом соотносится с преобразившимся гилеморфизмом, от дихотомии материи-формы он сначала переходит к функции-форме, а позже – к содержанию-форме; и если форма сначала очевидно доминировала над материей (оформленное превосходило бесформенное), то позже уступила и функции (в модернистской архитектуре), и содержанию (в семиотических подходах). Причем форма уже мыслится как материал, а содержание как его смысловой референт. Основная проблема такого подхода – это сведение архитектуры к сообщению на языке архитектуры. Понимание произведения как «текста» обязует нас следовать устоявшимся кодам и конвенциональным знакам. Предполагается, что все это приводит к языку как всеобщему корреляту, который запирает в себе архитектора и пользователя архитектуры, и который ограничивает их восприятие и переживание произведения.

Указанные ограничения, свойственные многим традиционным онтологическим схемам, подтверждают необходимость некоторого их пересмотра или дополнения в сторону более гибкого и, тем самым, актуального соответствия жизненному и пространственному многообразию. Новый онтологический поворот будет подробнее рассмотрен в следующей статье.

Исследование проведено в рамках Программы фундаментальных научных исследований Российской академии архитектуры и строительных наук и Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на 2024 год.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брайант, Леви Р. Демократия объектов / Л. Р. Брайант ; перевод с английского О. С. Мышкина. – Пермь : Гиле Пресс, 2019. – 320 с. – ISBN 978-5-6041044-9-1. – Текст : непосредственный.
2. Ветушинский, А. Во имя материи: Критические и метафизические исследования / А. Ветушинский. – Пермь : Гиле Пресс, 2018. – 158 с. – ISBN 978-5-6041044-1-5. – Текст : непосредственный.
3. Витрувий Поллион, Марк. Десять книг об архитектуре / Витрувий Поллион Марк ; перевод с латыни Ф. А. Петровского. – Санкт-Петербург : Азбука, 2017. – 315 с. : ил. – ISBN 978-5-389-13162-0. – Текст : непосредственный.
4. Деланда, М. Новая философия общества: Теория ассамбляжей и социальная сложность / М. Деланда ; перевод с английского К. С. Майоровой. – Пермь : Гиле Пресс, 2018. – 170 с. – ISBN 978-5-9906611-9-6. – Текст : непосредственный.
5. Ле Корбюзье Архитектура XX века / Ле Корбюзье ; перевод с французского К. П. Топуридзе. – Москва : «Прогресс», 1977. – 301 с. – Текст : непосредственный.
6. Мейясу, К. После конечности: Эссе о необходимости контингентности / К. Мейясу ; переперевод с французского Л. Медведевой. – Екатеринбург ; Москва : Кабинетный ученый, 2015. – 196 с. – ISBN 978-5-7525-3069-2. – Текст : непосредственный.
7. Подорога, В. А. Пространство и власть. Геополитика русского авангарда. А. Платонов и В. Шаламов / В. А. Подорога. – Москва : Культурная революция, 2022. – 296 с. – ISBN 978-5-604642-25-2. – Текст : непосредственный.
8. Sanford, K. Landscapes of Change: Boccioni's "Stati d'animo" as a General Theory of Models / K. Sanford, U. Boccioni // *Assemblage*. – 1992. – № 19. – P. 50–65.

DUTSEV Mikhail Viktorovich, doctor of architecture, holder of the chair of architectural environment design¹; professor of the architecture department of the Engineering academy², leading researcher, head of the department of problems of architecture theory³; KURBATOV Aleksandr Andreevich, undergraduate student of the chair of architectural environment design¹

TOWARDS NEW ONTOLOGIES IN ARCHITECTURE. PART 1. THE EVOLUTION OF ONTOLOGICAL SCHEMES

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 433-05-52;
e-mail: nn2222@bk.ru

²Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia. Tel.: +7 (499) 936-87-87;
e-mail: rudn@rudn.ru

³Institute of Theory and History of Architecture and Urban Development (NIITIAG)
9, Dushinskaya St., Moscow, 111024, Russia. Tel.: +7 (499) 951-82-72;
e-mail: niitag@yandex.ru

Key words: architecture, philosophy, object-oriented ontology, speculative realism, new materialism.



The article is the first part of the actual problem study of the ontological turn in the theory and practice of architecture. The authors consider the connections between architecture and philosophy, presented in four ontological schemes. The definition of each type and the analysis of their projections into the theory of architecture set the specifics of this article. The first three schemes, at the same time, are designated as traditional ontologies, since they represent different hierarchical structures. The fourth scheme is designated as a new ontology, since it is "flat", which sets a wider range of possible professional communications and spatial solutions.

REFERENCES

1. Bryant Levi R. Demokratiya obektov [Democracy of objects] ; per. s angl. O. S. Myshkina. Perm : Gile Press, 2019. – 320 p. – ISBN 978-5-6041044-9-1.
2. Vetushinsky A. Vo imya materii: Kriticheskie i metafizicheskie issledovaniya [In the Name of Matter: Critical and Metaphysical Studies] / Perm : Gile Press, 2018. – 158 p. – ISBN 978-5-6041044-1-5.
3. Vitruvii Pollion Mark. Desyat knig ob arkhitekture [Ten books about architecture] ; per. s latyni F. A. Petrovskogo. Saint-Petersburg : Azbuka, 2017. – 315 p. : il. – ISBN 978-5-389-13162-0.
4. Delanda M. Novaya filosofiya obshchestva: Teoriya assamblyazhey i sotsialnaya slozhnost [The new philosophy of society: Assemblage theory and social complexity] ; per. s angl. K. S. Mayorovoy. Perm : Gile Press, 2018. – 170 p. – ISBN 978-5-9906611-9-6.
5. Le Corbusier. Arkhitektura XX veka [Architecture of the twentieth century] ; per. s fr. L. Medvedevoy. Moscow : «Progress», 1977. – 301 p.
6. Meillassoux Q. Posle konechnosti: Esse o neobkhodimosti kontingentnosti [After the finiteness: Essay on the necessity of contingency] ; per. s fr. L. Medvedevoy. Ekaterinburg ; Moscow : Kabinetny uchyony, 2015. – 196 p. – ISBN 978-5-7525-3069-2.
7. Podoroga V. A. Prostranstvo i vlast. Geopolitika russkogo avangarda. A. Platonov i V. Shalamov [Space and power. Geopolitics of the Russian avant-garde. A. Platonov and V. Shalamov]. Moscow : Kulturnaya revolyutsiya, 2022. – 296 p. – ISBN 978-5-604642-25-2.
8. Sanford K., Boccioni U. Landscapes of change: Boccioni's "Animal Status" as a general theory of models / Assemblage. – 1992. – № 19. – P. 50–65.

© М. В. Дуцев, А. А. Курбатов, 2024

Получено: 03.04.2024 г.



УДК 72.03:71(470.314)

В. А. КООП, аспирант кафедры архитектурного проектирования;
А. А. ЗАЙЦЕВ, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и
основ архитектурного проектирования

АНСАМБЛЕВЫЙ ПОДХОД НА ПРИМЕРЕ РАЗНОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ В ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ Г. ВЛАДИМИРА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;
эл. почта: zotis@mail.ru, alekseyzaytsev83@yandex.ru

Ключевые слова: контекстуализм, городской ландшафт, приемы средовой адаптации,
контекстуальный анализ, ансамбль, ретроспективный анализ.

Анализируются приемы контекстуальной адаптации, при помощи которых достигается единство исторически ценной городской среды на основе ансамблей площадей города Владимира. Особое внимание уделяется ретроспективному (историческому) анализу ансамблей площадей, как последовательно, в течение исторического развития происходило преобразование элементов городского ландшафта. Формируется методологическая система, при помощи которой достигается ансамблевое единство исторической среды площадей г. Владимира.

Историческая среда г. Владимира разновременная и разностилевая. Основу этой среды определяют здания владими́ро-суздальской архитектурной школы. Среда формировалась веками, начиная с XII в. Также исторический центр богат зданиями эпохи классицизма, кирпичного стиля и последующей эклектики.

Задачей данной статьи является всесторонний градостроительный, композиционный и ретроспективный анализ исторической городской ткани площадей г. Владимира и обозначение классификационных признаков, при помощи которых формировалось ансамблевое единство исторической разновременной среды. Методика средового анализа будет базироваться на системе классификационных признаков, т. е. наборе основных приемов средовой адаптации: композиционный, морфологический, стилистический (декоративный) и колористический [1].

Историческое ядро г. Владимира характерно своей трехчастной структурой, сформированной вдоль главной композиционной оси, расположенной вдоль ул. Большой Московской и ул. Большой Нижегородской. Объект анализа составляют три площади – Театральная пл., Соборная пл., пл. Фрунзе. Площади планируется проанализировать с точки зрения формирования разновременного ансамблевого единства. В течение исторического развития разновременные постройки взаимно увязывались друг с другом в единую органичную городскую ткань с точки зрения ретроспективного (исторического) и контекстуального (композиционного, морфологического, стилистического, колористического) анализа.

Театральная площадь является одной из основных площадей г. Владимира. Она располагается с западной стороны исторического центра города и с этой



стороны окружена плотной застройкой. С остальных трех сторон застройка дисперсная (разреженная).

Ретроспективный (исторический) анализ. Раннее на месте дисперсной застройки располагались сады и огороды, купеческие дома. В XIX в. во Владимире «в городской черте числилось 410 огородов и 399 садов» [2]. Одним из основных акцентов является здание областного академического театра драмы, построенное в 1971 г. в современном стиле, но имеющее обращенные к древнерусским мотивам детали на главном фасаде в виде белокаменных скульптур, что сближает его с окружением. С западной стороны, по ул. Гоголя застройка по четной стороне домов частично сохранена в своем историческом виде. На рубеже XIX – XX вв. улица насчитывала 23 дома [3, с. 90], но на данный момент времени осталось всего два исторических здания, которые связаны с площадью композиционно – храм Святого Розария (А. П. Афанасьев, И. А. Карабутов, 1894 г.) и дом мещанина И. Ш. Коиля (1914 г.). Между ними на месте снесенных жилых домов размещены современные административные здания – здание ГРКЦ ГУ Банка России по Владимирской области по ул. Гоголя, 10 (Крамников Д. Б., Караулов В. Д., 1995–1997 гг.) и офисное здание по ул. Дворянской, 10А (Я. В. Борисов, 2005 г.).

Контекстуальный анализ. Объединяющим приемом средовой адаптации является повторение метрических рядов и пропорций световых осей (оконных проемов), горизонтальные членения пилястр и колонн, вертикальные членения (пояски и карнизы), которые создают единую композиционную систему взаимоувязанных фасадных плоскостей, сомасштабных среде [4, с. 55].

Высотные доминанты фиксируют основные транспортные и логистические направления, служат композиционными ориентирами. В то же время доминанты сохраняют сомасштабность к исторической среде, корреспондируя к ним в основном на уровне горизонтальных и вертикальных членений. Новые доминанты XX–XXI вв. не спорят с историческими доминантами – храмом святого Розария, Троицкой старообрядческой церковью (С. М. Жаров, 1913–1916 гг.), Золотыми воротами с надвратной церковью Ризоположения (1164 г., XVIII – нач. XIX вв.). Повторение композиционного приема ярусности также прослеживается в здании по ул. Дворянской, 10А, которая присутствует в Золотых воротах и Троицкой церкви [4, с. 55].

С точки зрения колорита классицистические здания имеют общую пастельную цветовую гамму с декором белого цвета, что также их сближает, оставляя впечатление целостной среды. Кирпичный стиль повлиял на стилистическое и колористическое восприятие данной площади и впоследствии при проектировании зданий в XX веке служил объединяющим мотивом; современные здания выполнены с активным применением красного кирпича, использованы в памятниках архитектуры, формирующих Театральную площадь. Здание областного академического театра драмы, облицованное характерными для советского модернизма плитами из белого известняка, гармонично вписывается в ансамбль площади, перекликаясь с белокаменными Золотыми воротами. Скульптуры из белого камня на фасаде театра также обращаются к памятникам белокаменного зодчества XII в. Данные приемы адаптации объединяют разноплановую среду в единое целое.

Приемы морфологической и семиотической адаптации находят свое применение на Театральной площади в виде морфотипа башенки, характерного



для исторических городов, в частности г. Владимира. Повторение морфологии арочного проема применено на фасадах храма св. Розария, здания по ул. Гоголя, 10, театре, доме политпросвещения, Троицкой церкви.

Подпружные арки главного объема Троицкой церкви, выраженные выступами на фасадах, и арки звонницы-галереи перекликаются с аркой более древних Золотых ворот. Данный прием можно определить как прием тектонической адаптации.

Соборная площадь является главной площадью г. Владимира.

Ретроспективный (исторический) анализ. На площади располагается лишь одно современное здание – кирпичное административное здание по ул. Большой Московской, 27 (В. С. Петров, 1993–1996 гг.). Вместе со зданием Городской Думы Я. Г. Ревякина (1907 г.) оно образует своего рода «ворота», фиксирует главную ось исторического ядра, разделяет его западную и центральную части, напоминая о находившихся на этом месте Торговых воротах [5, с. 169].

Контекстуальный анализ. Композиционной доминантой является колокольная Успенского собора. Стилистически площадь сохранила свой исторический вид. Современное административное здание адаптировано под соседнее, выполненное в русском модерне. Это прослеживается не только в строительном материале и морфологических особенностях, но и в характерной для стиля асимметричности композиции объема здания, тогда как большинство исторических зданий выполнены в классическом стиле с симметричной композицией фасада [5, с. 169].

С восточной стороны завершает исторический центр пл. Фрунзе.

Ретроспективный (исторический) и градостроительный анализ. Застройка современная. Символ «исторических ворот» представлен зданием в стиле советского ампира по ул. Большой Нижегородской, 50 (Л. И. Пономарева, А. В. Покровский, 1952 г.) и постмодернистским торговым центром «Русский дом» по ул. Большой Нижегородской, 49 (А. Б. Богаченко, 2014 г.). Объединяющим стилем на данной площади является русский модерн. Он находит отражение как на уровне декора в «Русском доме», так и в здании комплекса винного склада (П. Г. Беген, 1901 г.). Большую часть площади занимает дорожная развязка, с восточной и северной сторон находятся промышленные и жилые здания второй половины XX в., не обладающие признаками применения приемов средовой адаптации.

Выводы: Основным результатом контекстуального анализа проанализированных построек на трех основных площадях в г. Владимире, с точки зрения средового подхода, может служить формирование ансамблевого единства разновременных построек. Театральная площадь является уникальным примером применения основных и второстепенных приемов средовой адаптации, объединяющих среду в единый разновременный органичный ансамбль (приемы композиционной, морфологической, колористической и типологической адаптации). Новые здания удачно интегрированы в исторический контекст и являются органичным дополнением исторической площади, формируя ансамблевое единство и создавая ощущение целостной картины городской среды. Соборная площадь наиболее целостное образование с точки зрения исторически сохранившегося ансамбля. Новое здание органически интегрировано в исторический контекст. Наиболее характерные приемы адаптации – стилистический, композиционный и колористический. Площадь им. Фрунзе



являет собой современный ансамбль, без большого количества исторической застройки. Здесь способом интеграции служат стилистические, колористические и композиционные приемы адаптации. Важной особенностью всех трех площадей – органичное включение знаковых доминант, формирование основной оси – улицы, «проездных ворот» на площади, которыми являются доминанты и наличие визуальных пауз и свободного пространства, необходимого аспекта для восприятия ансамбля как целостного образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев, А. А. Контекстуализм как стилистическое течение в конце XX – начала XXI вв. : специальность 05.23.20 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Зайцев Алексей Александрович. – Нижний Новгород, 2013. – 20 с.
2. Научно-проектная документация по корректировке «Проекта охранных зон памятников истории и культуры, зон регулирования застройки, охраны ландшафта и зон культурного слоя» // Материалы по обоснованию проекта. Историко-архитектурные и историко-культурные исследования / Владимирреставрация. – Владимир, 2009. – 218 с.
3. Титова, В. И. Улицы Владимира от А до Я: историко-топонимические очерки / В. И. Титова. – Владимир : Калейдоскоп, 2019. – 336 с.: ил. – ISBN 978-5-88636-270-1.
4. Кооп, В. А. Анализ приемов адаптации новых зданий в исторической среде г. Владимира / В. А. Кооп // Сборник трудов аспирантов, магистрантов и соискателей : сборник трудов / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – С. 54–58.
5. Кооп, В. А. Постмодернизм в архитектуре города Владимира / В. А. Кооп // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 3(67). – С. 166–171.

KOOP Vasily Artyomovich, postgraduate student of the chair of architectural design; ZAYTSEV Aleksey Aleksandrovich, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design

ENSEMBLE APPROACH BY THE EXAMPLE OF DIFFERENT ARCHITECTURE IN THE HISTORICAL ENVIRONMENT OF VLADIMIR

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;
e-mail: zotis@mail.ru, alekseyzaytsev83@yandex.ru

Key words: contextualism, urban landscape, environmental adaptation techniques, contextual analysis, ensemble, retrospective analysis.

The article analyzes the methods of contextual adaptation, with the help of which the unity of a historically valuable urban environment is achieved based on ensembles of squares in the city of Vladimir. Particular attention is paid to retrospective (historical) analysis of ensembles of squares, i.e. how consistently, during the historical development, the elements of the urban landscape were transformed. A methodological system is being formed, with the help of which the ensemble unity of the historical environment of the squares of the city of Vladimir is achieved.



REFERENCES

1. Zaytsev A. A. Kontekstualizm kak stilisticheskoe techenie v kontse XX – nachala XXI vv. [Contextualism as a stylistic trend in the late XX- early XXI centuries]: spetsialnost 05.23.20 : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata arkhitektury. Nizhny Novgorod, 2013, 20 p.
2. Nauchno-proektnaya dokumentatsiya po korrektyrovke «Proekta okhrannykh zon pamyatnikov istorii i kultury, zon regulirovaniya zastroyki, okhrany landshafta i zon kulturnogo sloya» [Scientific and design documentation for the adjustment of the «Project of protected zones of historical and cultural monuments, zones of regulation of development, protection of the landscape and zones of the cultural layer»]. Materialy po obosnovaniyu projekta. Istoriko-arkhitekturnye i istoriko-kulturnye issledovaniya [Materials on the justification of the project. Historical-architectural and historical-cultural studies]. Vladimirrestavratsiya. Vladimir, 2009. 218 p.
3. Titova V. I. Ulitsy Vladimira ot A do Ya: istoriko-toponimicheskie ocherki [Streets of Vladimir from A to Z: historical and toponymic essays]. Vladimir, Kaleydoskop, 2019. 336 p.: il. – ISBN 978-5-88636-270-1.
4. Koop V. A. Analiz priyomov adaptatsii novykh zdaniy v istoricheskoy srede Vladimira [Analysis of adaptation techniques for new buildings in the historical environment of Vladimir]. Sbornik trudov aspirantov, magistrantov i soiskateley : Sbornik trudov [Collection of reports by graduate students, undergraduates and applicants : Collection of reports]. Nizhny Novgorod, 2020. P. 54–58.
5. Koop V. A. Postmodernizm v arkhitekture goroda Vladimira [Postmodernism in the architecture of the city of Vladimir]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023, № 3(67). – P. 166–171.

© В. А. Кооп, А. А. Зайцев, 2024

Получено: 16.01.2024 г.



УДК 72:06.064

М. В. ГЛАДЫШЕВА, аспирант кафедры дизайна архитектурной среды¹, ст. преп. кафедры архитектуры и дизайна²

«ИМИТАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО» КАК ПОСТФЕСТИВАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-73; эл. почта: nn2222@bk.ru

²ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет» им. Н. П. Огарева»

Россия, 430000, г. Саранск, ул. Советская, д. 24. Тел.: (951) 055-86-80; nikel_its_me@mail.ru

Ключевые слова: имитационное пространство, фестивальное пространство, дух места.

Анализируются различные аспекты воздействия фестивалей на городскую среду, исследуется взаимосвязь между локальной театральной жизнью и процессами, связанными с проведением фестивалей, а также предпринимается попытка выявления подходов в формировании пространств через призму концепции «духа места имитационных пространств».

В настоящее время фестивали находят широкое применение в различных сферах культуры и искусства, что позволяет говорить о существовании феномена имитационного пространства. Это пространство возникает после окончания различных фестивалей и аналогичных массовых мероприятий. Имитационное пространство является временным, но оставляет глубокое впечатление и оказывает влияние на городскую среду. После завершения фестиваля кварталы, улицы и площади преобразуются в аутентичное синтетическое пространство, где имитационное пространство создает атмосферу конфабуляции, окружая людей неординарными архитектурными и декоративными элементами. Временные сооружения, художественные инсталляции, флуоресцентные огни и другие эффекты превращают обычную городскую среду в настоящий мир утопий.

В связи с современной культурой имитационные пространства становятся актуальными в сфере художественной практики. Фестивальное движение в настоящее время активно развивается в области дизайна архитектурной среды. Модернизация представления современного искусства через инновационные формы способствует массовой коммуникации в гораздо большей степени, чем традиционные художественные выставки.

Архитектурные фестивали, помимо творческого взаимодействия между архитектором и пространством, позволяют установить диалог с окружающей средой и интегрировать различные культуры в процесс искусства. Особую проблему они решают в демонстрации самобытности и местечковости, а также в реагировании на новые тенденции развития пространственной среды. Кураторская стратегия и концепция фестиваля, включая взаимодействие различных видов искусства в едином художественном пространстве, являются



фундаментальными факторами, стимулирующими возрастающую потребность в реализации архитектурно-художественных проектов в различных регионах.

Исследование феномена имитационного пространства как уникального архитектурно-художественного явления требует глубокого теоретического осмысления. Также важно изучение архитектурно-художественных фестивалей, которые играют важную роль в современном обществе. Фестивали являются сложными многофункциональными полистилистическими структурами, коррелируя в себе синтез традиционного и инновационного видов искусств. Исследование этих явлений в рамках теории синтеза позволяет углубить наше понимание процессов взаимодействия разных видов искусства и составляет важный аспект художественной жизни современного общества.

Изучение фестивалей, а также имитационных и постфестивальных пространств помогает определить условия появления и развития синтеза в художественных практиках. Исследование феномена фестиваля в качестве уникального синтетического художественного пространства позволяет расширить теоретическую базу и продолжить развитие этого явления. Анализ постфестивальных пространств является важным аспектом архитектурной и художественной жизни современного общества и позволяет выявить основные закономерности развития имитационных пространств и синтетического дизайна архитектурной среды в конце XX и начале XXI века.

В рамках исследования фестивальных пространств был выявлен особый тип имитационного пространства, который значительно отличается от типичного представления о городской среде (рис. 1). Важно отметить, что даже визуальное восприятие имитационного пространства-города существенно отличается от художественного представления самих городских пространств. Каждое такое пространство стремится выйти за рамки своей физической формы, простираясь в окружающее пространство, и всегда оставаясь неполноценным и покинутым. Таким образом, возникает возможность формирования образов утраченных мест, которые либо существуют частично, либо вообще не имеют физического проявления в своих исходных локациях. Эти места утрачивают свое существование не вследствие временного фактора, а в результате естественного процесса стирания, перемещения и преобразования.

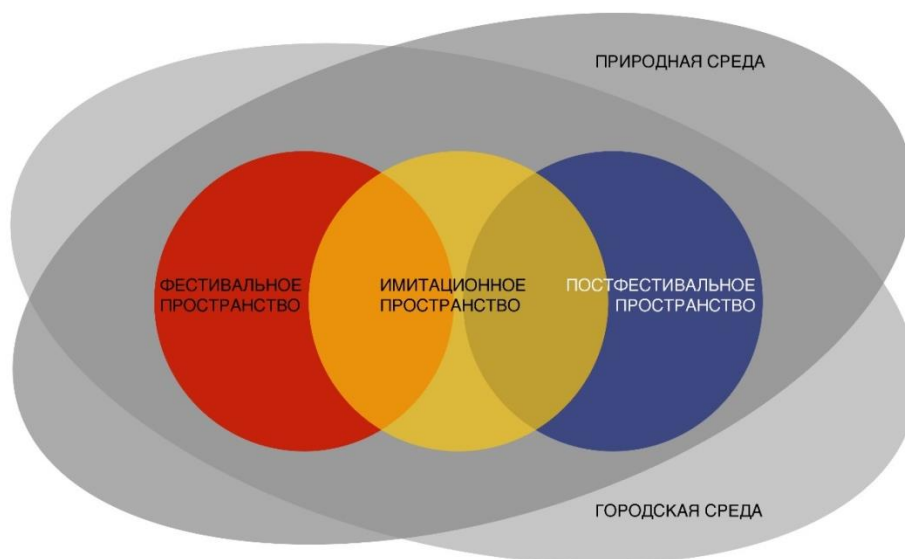


Рис. 1. Поле влияния имитационного пространства

Следовательно, имитационное пространство города, представленное в рамках фестивальных пространств, может значительно отклоняться от реального города не только с концептуальной точки зрения, но и в физическом проявлении, частично или полностью перемещаясь относительно самого города. Внедрение концепции «духа места имитационных пространств» в методологию и практику проектирования может быть реализовано через несколько стратегий (рис. 2). Мы выделяем три основных подхода: «адаптация места» (имитационные пространства, которые остаются на своем исходном месте), «реорганизация места» (имитационные пространства, которые перемещаются) и «деконструкция места» (имитационные пространства, которые прекращают свое существование). Все эти стратегии предполагают активное взаимодействие духа места в процессе топографических трансформаций (рис. 3). Однако следует отметить, что применение указанных стратегий может быть ограничено конкретными историческими событиями, охватывающими период создания данных имитационных пространств.

Концепция «адаптации места» нацелена на формирование новых пространств, которые способствуют более глубокому пониманию и изучению уже существующих имитационных пространств. Путем осуществления когнитивных процессов возникают новые возможности для репродукции и интерпретации таких пространств. Эти возможности предоставляют возможность интегрировать непривычные знаки и символы в городскую среду, которые ранее рассматривались как отдельные элементы духа определенного места. Особое внимание уделяется созданию пространств, которые устанавливают симбиотическую связь с городом или природной средой, при этом они могут мимикрировать или иметь диссонанс, признавая при этом право на дальнейшую эксплуатацию или переорганизацию.

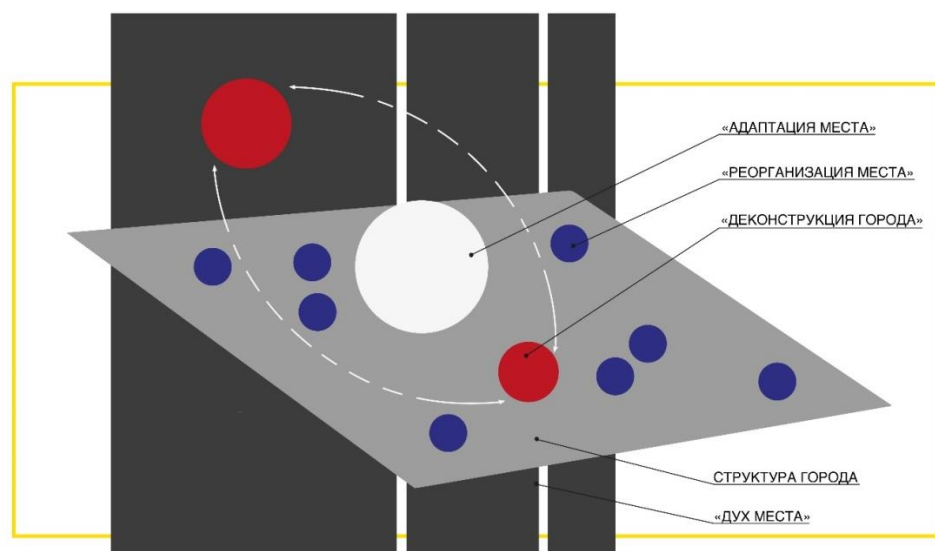


Рис. 2. Подходы организации имитационных пространств через концепцию «духа места»

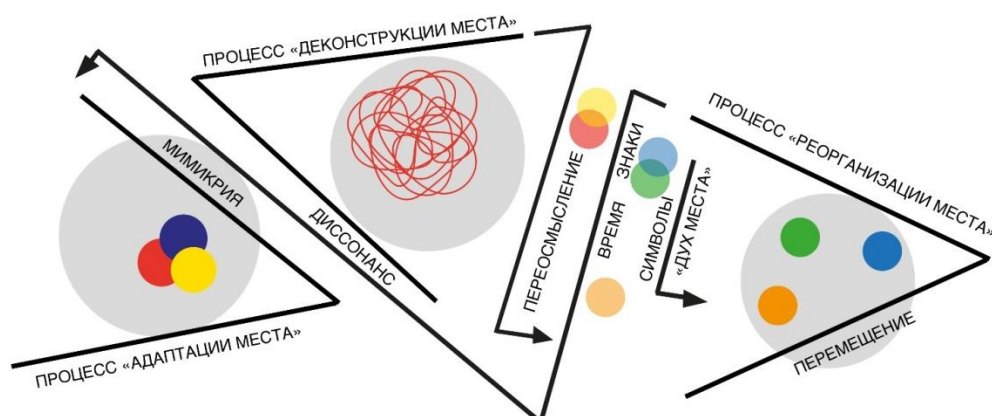


Рис. 3. Процесс организации имитационного пространства

«Реорганизация места» подразумевает перемещение контекста имитационного пространства в зависимости от территориальных особенностей города или природной среды. Реорганизация может быть результатом переосмысления роли имитационного пространства в концепции городской среды. Городская территория непрерывно эволюционирует под воздействием новых факторов, связанных с социокультурной жизнью и процессом ее формирования, а также углубленного понимания взаимодействия духа места и имитационного пространства. Эмпирические наблюдения указывают на то, что компоненты имитационного пространства субстанциально реорганизуются, подвергаясь воздействию духа места, и в дальнейшем интегрируются в структуру городской среды. Несмотря на свою невидимость, эти культурные трансформации оказывают существенное влияние на облик и характер городской среды.

Концепция «деконструкция места» предполагает полное отрицание всех характерных признаков, стереотипов и знаков места. Вместо этого возникает



новое понятие – мета-место, где старые локальные образы формируются через призму символичности и абстракции. В результате указанного преобразования место интегрируется в широкий спектр исторических потоков, и тем самым возникают новые возможности для творчества и последующего формирования синтеза различных видов искусств.

Анализируемые «деструктивные» имитационные пространства предполагают циклический процесс репродукции таких пространств, их последующей нейтрализации или «переорганизации» самого места [1].

Дух места проистекает из синтеза коммуникации и пространства, которое устанавливает связь между основными мифами, образами и архетипами сознания, а также местными метафорами и метонимиями повседневной жизни. Интеракция между духом места и имитационным пространством формирует целостную среду, где местность представлена связанным ландшафтом [3]. Процесс «ментальной фрагментации» образа сохраняется до тех пор, пока не будут восприняты, осмыслены, изучены, проанализированы и в конечном счете интегрированы дух места и связанные с ним атрибуты [2].

Отсюда можно сделать вывод, что все рассмотренные подходы предполагают активное взаимодействие духа места в контексте топографических трансформаций. Однако следует отметить, что применение указанных концепций может быть ограничено конкретными историческими событиями, касающимися периода создания данных имитационных пространств. Поэтому степень приспособления и изменения имитационных пространств должна учитывать не только цели их создания в рамках фестивалей, но и их долгосрочное влияние и соответствие историческому контексту городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Замятин, Д. Н. Гений места и город : варианты взаимодействия / Д. Н. Замятин. – Текст : непосредственный // Вестник Евразии. – Москва. – 2007. – № 1. – С. 62–87.
2. Лэндри, Ч. Креативный город / Ч. Лэндри, перевод с английского В. Гнедовский, М. Хрусталева. – Москва : Классика-XXI, 2011. – 399 с. – ISBN 978-5-89817-340-1. – Текст : непосредственный.
3. Франция-память / П. Нора, М. Озуф, Ж. де Пюимеж, М. Винок, перевод с французского Д. Хапаева ; Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург : СПбГУ, 1999. – 333 с. – (Новая петербургская библиотека : Коллекция "Память века"). – ISBN 5-288-02318-2. – Текст : непосредственный.

GLADYSHEVA Margarita Viktorovna, postgraduate student of the chair of architectural environment design¹, senior teacher of the chair of architecture and design²

«IMITATION SPACE» AS A POST-FESTIVAL SPACE OF A MODERN CITY

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Ilyinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-73;

²N. P. Ogaryov Mordivian State University
24, Sovetskaya St., Saransk, 430000, Russia. Tel: +7 (951) 055-86-80;
e-mail: nikel_its_me@mail.ru

Key words: imitation space, festival space, spirit of place.



The article analyses various aspects of the impact of festivals on the urban environment, exploring the relationship between local theatre life and the processes associated with festivals. It also attempts to identify approaches to the formation of spaces through the concept of «spirit of place of imitation spaces».

REFERENCES

1. Zamyatin D. N. Geniy mesta i gorod: varianty vzaimodeystviya [Genius of the place and a city: variants of interaction]. Vestnik Evrasii [Acta Eurasica]. Moscow. 2007. №1. P. 62–87.
2. Landry Ch. Kreativnyy gorod [The creative city]. Per. s angl. V. Gnedovsky, M. Khrustalyova. Moscow : Klassika-XXI, 2011. – 399 p. – ISBN 978-5-89817-340-1.
3. Nora P., Ozouf M., J. de Puymege, Vinok M. Frantsiya-pamyat [France-memory]. Per. s fr. D. Khapaeva ; Sankt-Peterbur. gos. un-t. Saint-Petersburg, SPbGU, 1999. P. 333. – (Novaya peterburgskaya biblioteka : Kolleksiya "Pamyat veka"). – ISBN 5-288-02318-2.

© М. В. Гладышева, 2024

Получено: 26.01.2024 г.



УДК 72.012.4:316.776.32

В. А. ДЕДОВ, аспирант кафедры теории и практики архитектурного проектирования; **Е. В. КОКОРИНА**, канд. архитектуры, доц. кафедры теории и практики архитектурного проектирования

АРХИТЕКТУРА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ СОЦИАЛЬНО- АНТРОПОЛОГИЧЕСКОЙ СЕМИОТИКИ КОММУНИКАЦИЙ: ГЕНЕЗИС УСЛОЖНЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

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: архитектура, социальная коммуникация, перцепция, апперцепция, метод социальных коммуникаций.

Изучен генезис представлений теоретиков об архитектуре в поле социальной коммуникации. Представлена модель разделения генезиса на 7 знаковых этапов, в каждом из которых особенности перцепции архитектуры видоизменялись пропорционально трансформации парадигмы мышления социума. Заявляется существование метода социальных коммуникаций как результата исторического развития дискурса.

Введение. Архитектура, всегда входившая в поле социальной коммуникации, на различных исторических этапах воспринималась теоретиками по-разному. Цель статьи – анализ и выявление этапов этого генезиса. Научная новизна заключается в системном подходе и систематизации концепций, которая пока не фигурировала в трудах теоретиков. Актуальность темы подтверждается множеством исследований на тему социальной коммуникации, в том числе в теории архитектуры.

Основу социальной коммуникации составляют перцепция (восприятие) и идущая параллельно апперцепция (добавление к воспринимаемому, в значении личного отношения и эмоционального переживания воспринимающего), где перцепцию можно отнести к наиболее объективным и изучаемым процессам, а апперцепцию к субъективным процессам. Восприятие, по мнению *Richard Langton Gregory*, строится на преобразовании ретинальных (проецируемых оптической системой глаза на глазное дно) изображений в поисках их смысловой интерпретации – то есть соотношении с уже существующими в сознании образами (в том числе архетипами [1]), а именно на ассоциировании, механизм которого детально раскрыла Гоголева Н. А. [2].

Основная часть. Выделение 7 этапов генезиса представлений об архитектуре в поле социальной коммуникации обосновывается принципиальными изменениями парадигм мышления, приводивших теоретиков архитектуры к изменению представлений о социальной коммуникации и, как следствие, о роли архитектуры в ней.

1. ПРОТО-ЭТАП: континуальность через традицию. При обобщении результатов анализа различных цивилизаций и временных периодов, можно сделать вывод о нахождении архитектуры в культурном пространстве в статусах:



цели, формирующей декорации для социальной жизни, – «пространство бытования культуры» и средства, аккумулирующего в своей форме знания, нормы и ритуалы – «пространство концептуальное, выражаемое в текстах культуры» [3, с. 12]. Цель и средство в данном случае создают единую, законченную, полностью реализовавшую творческий замысел «форму» времени, которую Дущев М. В. охарактеризовал, как “*Genius Tempus*” [4] в добавление к классическому “*Genius Loci*”. Смещение парадигмы мышления социума на стыке XIX и XX веков с открытиями в области психологии, подразделяющими любые представления на сознательные и бессознательные образы и символы, привело к возможности рассмотрения архитектуры как совокупности символов, что окончило многотысячелетний прото-этап.

2. ПРЕМОДЕРНИЗМ: пролегомен семиотики. *John Shannon Hendrix*, проводя психоаналитические исследования в архитектуре на основе анализа трудов таких авторов, как Э. Кассирер, Ж. Лакан, Дж. Беркли, И. Кант и Г. Гегель, пишет: “*As it is composed of concepts of space and time, architecture can only be understood as a manifold composed in apperception, a combination of perceptions which are products of concepts. The experience of the perceiving subject is defined by signifiers and symbols in the process of representation, which results in an understanding of architecture*” (перевод авторов: *Поскольку архитектура состоит из концепций пространства и времени, ее можно понимать только как многообразие, состоящее из апперцепции, комбинации восприятий, являющимися продуктами концепций. Опыт воспринимающего субъекта определяется знаками и символами в процессе репрезентации, что приводит к пониманию архитектуры*). Тем самым *John Shannon Hendrix* делает вывод, что, если архитектура состоит из восприятия концепций, а опыт восприятия определяется знаками и символами, то архитектура является знаками и символами, что становится пролегоменом развития будущей семиотики архитектуры. В это время зарождается социология архитектуры как науки, о чем подробно изложил Скорченко Ю. А. [5]. Однако развитие этих представлений об архитектуре, имеющей свой язык и существующей в обособленной форме, как например текста, было поставлено на паузу в связи с резким появлением модернизма.

3. МОДЕРНИЗМ: смысловой индифферентизм. Доктрина модернизма предусматривала отторжение наиболее общих интерпретаций, создавала «вещь в себе» и единственный акцент, который оставалось сделать при таком подходе, это субъективное мироощущение. «Изолированное авангардное произведение, не требующее прочтения и расшифровки, могло претендовать на отделение от читателя или зрителя» [6, с. 114]. Невлютов М. Р. также считает, что в процессе отказа от знаковой системы прошлого, форма должна была быть сведена к необходимому функциональному минимуму в простой геометрии, а коммуникация – осуществляться через выражение зданием своего функционального назначения. Этот подход стал одним из самых ярких и сложных для изучения периодов теории архитектуры ввиду отторжения опыта прошлого и метода проб и ошибок в создании архитектуры будущего.

4. ПОСТМОДЕРНИЗМ: дихотомизация через двойное кодирование. К середине XX века возврат к восприятию архитектуры как современного результата исторического развития формирует подход, становящийся «центрированным на обязательности коммуникации, наличии знака как того, что позволяет понимать, постигать, прояснять и т. п., что вело к возвращению к

коммуникации с читателем, зрителем, полный отказ от манипулирования массами, навязывания стереотипов авангардного искусства, которое опиралось на дискommunikацию и запрет на интерпретацию» [6, с. 119], что отмечает Худин А. А. На этом этапе архитектурный дискурс впервые становится «двусоставен, имея идеальную и реальную составляющую» [6, с. 117], что приводит к необходимости изучения функционирования этой структуры знаков двойного кодирования. Несмотря на то, что постмодернизм является важным этапом социально-антропологической семиотики коммуникаций, сегодня он подлежит жесткой критике, особенно в предельном субъективизме оценок объективных ценностей.

5. СЕМИО-ЭТАП: семиотика архитектуры. В 1960-х этот подход развился в семиотику архитектуры, где такие опыты методов семиотических исследований различных ученых детально изложил Явейн О. И. Современный взгляд прежде всего отечественных теоретиков подробно изучила Лагодина Е. В. Благодаря аналитическим трудам современных ученых мы можем чуть более объективно изучать различные теории семиотиков архитектуры, что не искореняет факт многотрактовочности и отсутствия синхронности в использовании терминологии исследователями. В связи с чем семиотическую природу архитектуры переосмысливают в своих работах Фигурный Г. Н. [7] и Невлютов М. Р. [8], утверждая факт того, что многие теоретические аспекты семиотики сегодня утратили теоретическую необходимость, как-то нахождение языка архитектуры, который существует в профессиональном поле практики, однако, в своих теоретических трудах Гельфонд А. Л. совместно с Дущевым М. В. подчеркивают важный факт наличия множества языков в теории [9, с. 148]. Поиск языка архитектуры для потребителей ведет к множеству трактовок и появлению «диалектов» ввиду различных возможностей психики каждого отдельного индивида – можно допустить существование бесконечного множества языков архитектуры, каждый зависит от перцептирующих способностей сознания индивида. Также современные теоретики, как например, Бурцев А. Г. расширили изучение до коллективных субъектов коммуникации. Однако нельзя не отметить важный вклад семиотики в развитие социально-коммуникативного дискурса в архитектуре. В частности, в своих исследованиях Янковская Ю. С. выделяет семиотические механизмы формирования образа архитектурного объекта у человека посредством образа ориентации (аналог перцепции структуры здания), образа узнавания (аналог перцепции функции здания), образы интерпретации и интуиции (аналоги апперцепции). Одним из ответвлений семиологии, зачастую с ней отождествляемая, стала семантика архитектуры, результаты изучения которой привели к тем же результатам. Исследователь *Anna P. Gawlikowska* отмечает: *“Even if architecture is not a language in semantic sense, it carries semiotic metaphors”* (перевод авторов: *Даже если архитектура не является языком в семантическом смысле, она несет в себе семиотические метафоры*), что логически завершает искания этого периода теории архитектуры.

6. МЕТАМОДЕРНИЗМ: сигнальная модальность. Конец XX века охарактеризован компьютеризацией и сменой представлений об информации как чем-то эфемерном, на предметное восприятие – информация приобрела «массу» в виде жестких дисков, карт памяти и т. п. Социум стал воспринимать информацию физически, что сегодня позволяет куда более предметно изучать ее – это служит базисом для восприятия архитектуры как информации. Архитектура стала



восприниматься не как текст, а как совокупность рациональных и иррациональных сигналов и сведений [10], где хорошим примером служит исследование *Maciej Skaza* [11] с разделением сигналов по получаемым их органам чувств реципиента. И если раньше перцепция архитектуры (в работах Иконникова А. В., Иовлева В. И., Раппопорта А. Г.) рассматривалась преимущественно как зрительное восприятие, где эмоциональный импульс получается из преодоления некой инерции перемещением взгляда [12, с. 333], то сегодня расширение изучаемого спектра сведений через другие органы чувств является перспективным вектором развития архитектурной мысли: сначала был сделан вывод о несводимости архитектуры до текста, теперь сделан вывод о несводимости архитектуры до только лишь зрительных сигналов.

7. ИНФО-ЭТАП: информационная дискретность. Начало XXI века характеризуется переходом архитектуры от законченного произведения искусства к открытому для интерпретаций объекту [13, с. 195]; реципиент игнорирует архитектуру, как синтетическое целое, и воспринимает ее, как набор дискретных параметров и атрибутов [13, с. 195]: «отдельный архитектурный проект может одновременно выстраиваться по разным, заранее спроектированным, схемам восприятия» [13, с. 196]. Чапля Т. В. описывает восприятие пространства дискретно, как привязку к опыту неких событий, которые закрепляются в памяти и становятся основой для формирования образов среды [14, с. 73]. По мнению Николаевой Ж. В., сегодня здание визуализирует не стиль или концепцию автора, а материальные возможности, технологии, нормативно-правовую документацию [15, с. 61], что подчеркивает и дискретность самой современной архитектуры. Дискретность данного этапа находится в тесной философской связи с континуальностью ПРОТО-ЭТАПА, олицетворяющей смену парадигмы мышления социума [16].

Выявленные семь знаковых этапов развития мышления социума, в перспективе стремления к ноосферизму [17], позволят осуществиться трем потенциально ожидаемым этапам становления архитектурной науки: собирательному, интегральному и конвергентному. Взаимосвязь этапов представлена в общей схеме генезиса представлений социально-антропологической семиотики коммуникаций в архитектуре (рис. 1).

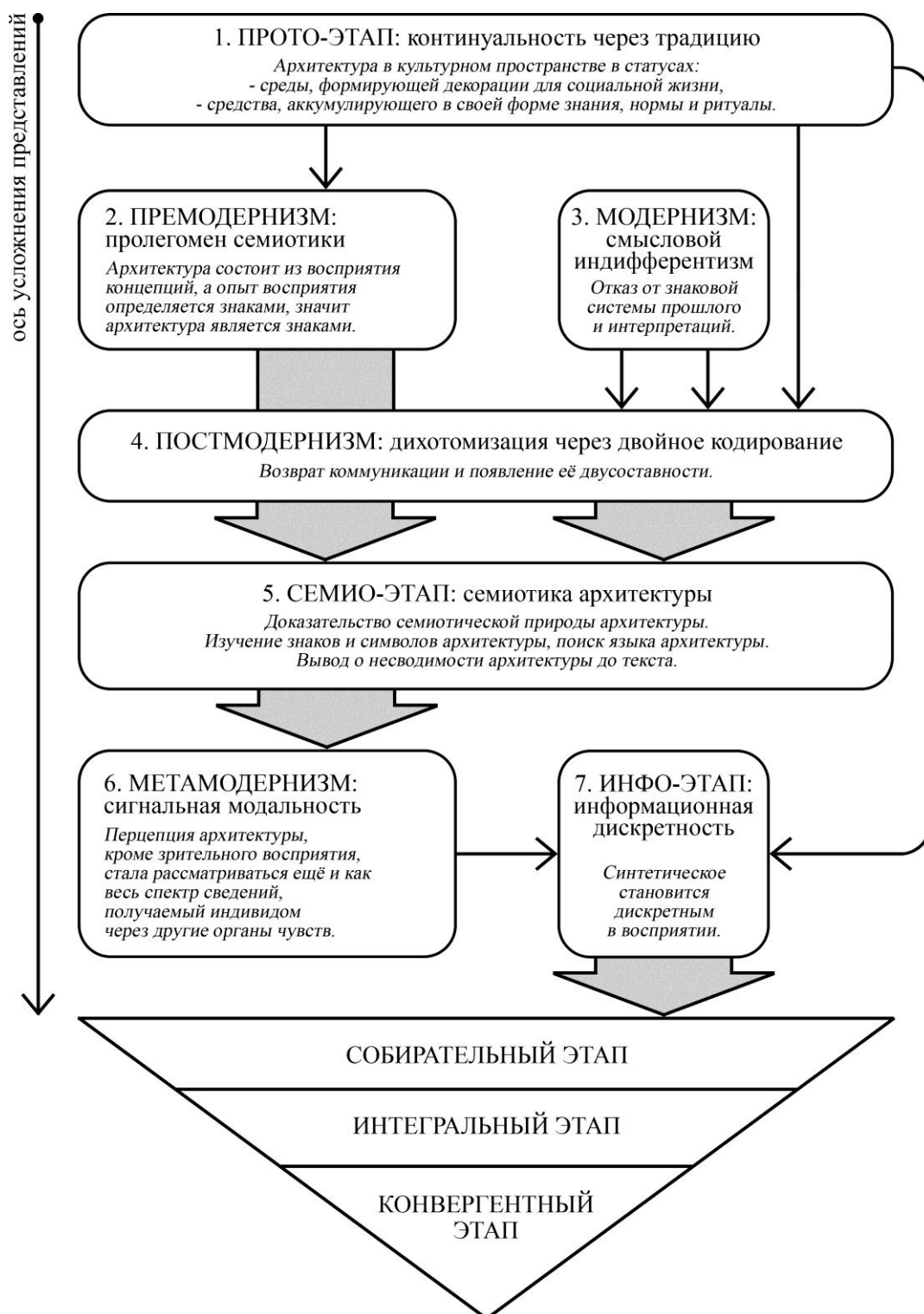


Рис. 1. Общая схема генезиса представлений социально-антропологической семиотики коммуникаций в архитектуре

Выводы

Исходя из предпосылок развития, можно сделать вывод о потенциально формируемом новом методе социальных коммуникаций [18]. Генезис представлений об архитектуре в поле социальной коммуникации прошел большой



путь развития от традиционного предметного понимания до перцептивно обусловленных совокупностей сигналов, изучение которых сегодня является одним из перспективных векторов развития теории архитектуры. Как видно по истории развития методологии, к появлению Метода, исходя из предпосылок, архитектура планомерно шла все время. Главной задачей метода социальных коммуникаций на сегодня является вывод дискурса на наиболее объективные научные плоскости, исключив индивидуальные особенности восприятия через поиск наиболее общих и универсальных процессов.

Теория коммуникации – это комплексная мультипарадигмальная научная дисциплина. Сегодня теория архитектуры в поле социально-антропологической семиотики коммуникаций нуждается в синкретическом переосмыслении при помощи исследований представителей других профессий, как например: философов, историков, культурологов и искусствоведов. Одним из практико-ориентированных подходов, который поможет в этом процессе, является повышение коммуникативных компетенций архитекторов в процессе профессиональных коммуникаций [19].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дедов, В. А. Архетип "камень" как пример базиса коммуникативных качеств объемно-пластического образа здания / В. А. Дедов, Е. В. Кокорина. – Текст : электронный // Архитектон: известия вузов. – 2021. – № 3 (75). – URL: https://archvuz.ru/2021_3/4/.
2. Гоголева, Н. А. Ассоциации в композиционном проектировании / Н. А. Гоголева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 3 (67). – С. 125–128.
3. Чапля, Т. В. Архитектура сквозь призму культурного пространства / Т. В. Чапля. – Текст : непосредственный // Вестник славянских культур. – 2020. – № 4. – С. 8–20.
4. Дуцев М. В. Архитектура как «форма» времени / М. В. Дуцев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2011. – № 1 (17). – С. 77–82.
5. Скорченко, Ю. А. Социология архитектуры: актуальные акциденты / Ю. А. Скорченко. – Текст : непосредственный // Основы экономики, управления и права. – 2023. – № 1 (36). – С. 26–32.
6. Худин, А. А. Двойное кодирование в архитектуре постмодернизма / А. А. Худин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 3 (51). – С. 113–121.
7. Фигурный, Г. Н. Семиотика архитектуры: полвека в поисках мнимых сущностей / Г. Н. Фигурный. – Текст : непосредственный // Architecture and Modern Information Technologies. – 2019. – № 4 (49). – С. 57–70.
8. Невлютов, М. Р. Несемиотическая природа архитектуры / М. Р. Невлютов. – Текст : непосредственный // Социология власти. – 2017. – № 1 (29). – С. 88–100.
9. Гельфонд, А. Л. Архитектурно-художественный синтез как средство диалога // А. Л. Гельфонд, М. В. Дуцев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2010. – № 4 (16). – С. 147–153.



10. Кокорина, Е. В. Взаимодействие рациональных и иррациональных компонентов в архитектурном проектировании / Е. В. Кокорина, В. А. Дедов. – Текст : непосредственный // Архитектурные исследования. – 2019. – № 2 (18). – С. 59–70.
11. Skaza, M. Architecture as a Consequence of Perception / M. Skaza // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Volume 471, Issue 2. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/471/2/022033>.
12. Молоканов, В. В. Особенности восприятия архитектуры / В. В. Молоканов, А. С. Приказчиков. – Текст : непосредственный // Образование и право. – 2020. – № 9. – С. 330–334.
13. Белаш, Е. А. Множественность схем восприятия архитектуры / Е. А. Белаш. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 7. – С. 195–198.
14. Чапля, Т. В. Влияние архитектурного и социального пространств на коммуникативные практики социума / Т. В. Чапля. – Текст : непосредственный // Вестник славянских культур. – 2019. – № 3. С. 71–85.
15. Николаева, Ж. В. "Документальность" М. Феррариса в философии архитектуры: визуальные критерии / Ж. В. Николаева. – Текст : непосредственный // Terra Aestheticae. – 2021. – № 2 (8). – С. 54–64.
16. Мерзлякова, И. Л. Дискретность и континуальность как фундаментальные свойства исторического сознания / И. Л. Мерзлякова. – Текст : непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 11 (113). Ч. 4. – С. 130–132.
17. Субетто, А. И. Ноосферизм – манифест новой стратегии выживания и развития человечества на Земле и в Космосе : доклад 6 февраля 2022 года на заседании Международного профессорского делового клуба по теме «Человек в современном мире» (Италия – Россия, председатель заседания – д.э.н., проф. М. В. Бахтин) / А. И. Субетто. – Санкт-Петербург : Астерион, 2022. – 32 с. – ISBN 978-5-00188-145-2. – Текст : непосредственный.
18. 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.
19. Норенков, С. В. Психофизиология творческого моделирования в проектной морфологии архитекторов, градостроителей, дизайнеров / С. В. Норенков, Е. С. Крашенинникова, В. В. Шилин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 3 (67). – С. 161–165.

DEDOV Viktor Alekseevich, postgraduate student of the Department of Theory and Practice of Architectural Design; KOKORINA Elena Valeryevna, candidate Of Architecture, Associate Professor candidate of chemical sciences, deputy director

ARCHITECTURE THROUGH THE PRISM OF SOCIAL COMMUNICATION: GENESIS OF REPRESENTATIONS

Voronezh State Technical University
84, 20-letiya Oktyabrya St., Voronezh, 394006, Russia. Tel.: +7 (910) 283-71-51;
e-mail: dedov.viktor@inbox.ru



The article examines the genesis of theorists' ideas about architecture in the field of social communication. A model of the division of genesis into 7 significant stages is presented. At each stage, the features of the perception of architecture changed proportionally to the transformation of the paradigm of thinking of society. The existence of the Method of Social Communications is declared as a result of the historical development of discourse.

REFERENCES

1. Dedov V. A., Kokorina E. V. Arhetip "kamen" kak primer bazisa kommunikativnykh kachestv ob"emno-plasticheskogo obraza zdaniya [The archetype «stone» as an example of the basis of communicative qualities in the spatial plastic image of a building]. *Arhitekton: izvestiya vuzov* [Architecton: news from universities]. 2021, V. 3 (75). URL: https://archvuz.ru/2021_3/4/.
2. Gogleva N. A. Associacii v kompozicionnom proektirovanii [Associations in compositional design]. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2023, V. 3(67), P. 125–128.
3. Chaplya T. V. Arhitektura skvoz' prizmu kul'turnogo prostranstva [Architecture through the prism of cultural space]. *Vestnik slavyanskikh kul'tur* [Bulletin of Slavic Cultures]. 2020, V. 4, P. 8–20.
4. Ducev M. V. Arhitektura kak «forma» vremeni [Architecture as a “form” of time]. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2011, V. 1(17), P. 77–82.
5. Skorchenko Yu. A. Sociologiya arhitektury: aktual'nye akcidenty [Sociology of architecture: current incidents]. *Osnovy ekonomiki, upravleniya i prava* [Fundamentals of economics, management and law]. 2023, V. 1 (36), P. 26–32.
6. Hudin A. A. Dvojnoe kodirovanie v arhitekture postmodernizma [Double coding in postmodern architecture]. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2019, V. 3 (51), P. 113–121.
7. Figurnyj G. N. Semiotika arhitektury: polveka v poiskah mnimyyh sushchnostej [Semiotics of architecture: half a century in search of imaginary entities]. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2019, V. 4 (49), P. 57–70.
8. Nevlyutov M. R. Nesemioticheskaya priroda arhitektury [The non-semiotic nature of architecture]. *Sociologiya vlasti* [Sociology of power]. 2017, V. 1 (29), P. 88–100.
9. Gel'fond A. L., Ducev M. V. Arhitekturno-hudozhestvennyj sintez kak sredstvo dialoga [Architectural and artistic synthesis as a means of dialogue]. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2010, V. 4 (16), P. 147–153.
10. Kokorina E. V., Dedov V. A. Vzaimodejstvie racional'nykh i irracional'nykh komponentov v arhitekturnom proektirovanii [Interaction of rational and irrational components in architectural design]. *Arhitekturnye issledovaniya* [Architectural studies]. 2019, V.2 (18), P. 59–70.
11. Maciej Skaza 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 471 022033.
12. Molokanov V. V. Osobennosti vospriyatiya arhitektury [Peculiarities of architecture perception]. *Obrazovanie i pravo* [Education and law]. 2020, V. 9, P. 330–334.
13. Belash E. A. Mnozhestvennost' skhem vospriyatiya arhitektury [Multiplicity of architecture perception schemes]. *Innovacii i investicii* [Innovation and investment]. 2019, V. 7, P. 195–198.
14. Chaplya T. V. Vliyanie arhitekturnogo i social'nogo prostranstv na kommunikativnye praktiki sociuma [The influence of architectural and social spaces on the communicative practices of society]. *Vestnik slavyanskikh kul'tur* [Bulletin of Slavic Cultures]. 2019, V. 3, P. 71–85.



15. Nikolaeva Zh. V. \ "Dokumental'nost\" M. Ferrarisa v filosofii arhitektury: vizual'nye kriterii [\"Documentary\" by M. Ferraris in the philosophy of architecture: visual criteria]. Terra Aestheticae. 2021, V.2 (8), P. 54–64.
16. Merzlyakova I. L. Diskretnost' i kontinual'nost' kak fundamental'nye svojstva istoricheskogo soznaniya [Discreteness and continuity as fundamental properties of historical consciousness]. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Scientific Research Journal]. 2021, V.11 (113), P. 130-132.
17. Subetto A. I. Noosferizm – manifest novoj strategii vyzhivaniya i razvitiya chelovechestva na Zemle i v Kosmose [Noospherism is a manifesto of a new strategy for the survival and development of humanity on Earth and in Space]. St. Petersburg, Asterion, 2022, 32 p.
18. Dedov V. A., Kokorina E. V. Metod social'nyh kommunikacij, kak perceptivnyj apparat arhitekturnogo proektirovaniya [The method of social communications as a perceptual apparatus of architectural design]. Student i nauka [Student and science]. 2020, V.4 (15), P. 4–8.
19. Norenkov S. V. Psihofiziologiya tvorcheskogo modelirovaniya v proektnoj morfologii arhitektorov, gradostroitelej, dizajnerov [Psychophysiology of creative modeling in the design morphology of architects, urban planners, designers]. Privolzhskij nauchnyj zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2023, V.3 (67), P. 161–165.

© **В. А. Дедов, Е. В. Кокорина, 2024**

Получено: 12.03.2024 г.



УДК 72.035(470.341)

А. С. ШУМИЛКИН, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования¹, главный архитектор²;
Е. Е. ГРАЧЕВА, канд. архитектуры, ст. науч. сотр. научно-исследовательской лаборатории «Экология культуры» ИФИЖ³, архитектор²

ЛЕТНЯЯ ДАЧА Н. А. БУГРОВА НА СЕЙМЕ: ПРОЕКТНО-РЕСТАВРАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И РЕШЕНИЯ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;
эл. почта: ist_arh@nngasu.ru

²ООО «АСГАРД», г. Н. Новгород, ул. Гоголя, д. 47. Тел.: (831) 433-21-07;
эл. почта: info@asgard-arch.ru

³ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»

Россия, 603022, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д. 23. Тел. (831) 433-38-61;
эл. почта: gracheva.ee@yandex.ru

Ключевые слова: деревянная жилая архитектура, русский стиль, архитектурная реставрация.

Представлена архитектурная характеристика, результаты научных исследований и проектные решения, заложенные в основу методологии реставрации одного из выдающихся памятников деревянной жилой архитектуры рубежа XIX – XX вв., редкого образца «фольклорного направления» русского стиля – Летней дачи Бугрова на Сейме. Делается вывод о том, что восстановление оригинальных особенностей объекта культурного наследия вносит вклад в сохранение уникальной самобытности и важнейших черт культурного ландшафта нижегородского региона.

Летняя дача Бугрова – одна из немногочисленных сохранившихся деревянных построек псевдорусского, так называемого ропетовского стиля, чрезвычайно популярного в последней трети XIX в. и значительно повлиявшего на архитектуру Нижегородского региона. Оригинальный резной деревянный терем был выстроен в окрестностях Н. Новгорода влиятельным купцом-промышленником Николаем Александровичем Бугровым, развернувшим на Сейме крупнейшее для своего времени крупчатое производство.

Во второй половине XIX – начале XX вв. местность под названием «Сейма» (по одноименной реке) включала в себя несколько селений, разбросанных поблизости от одноименной станции Московско-Нижегородской железной дороги (впоследствии на месте этих селений возник г. Володарск) (рис. 1 цв. вклейки). В 1867 г. нижегородский купец А. П. Бугров приобрел расположенное здесь обширное лесное имение, на территории которого к 1870-м годам был выстроен производственный комплекс из двух водяных мельниц. Размещение мельниц в непосредственной близости от железной дороги и пристаней реки Оки обеспечивало удобную доставку зерна и отправку готовой продукции [1, 2].

В 1883 г. владельцем мельничного производства стал Н. А. Бугров, начавший ее модернизацию (рис. 2 цв. вклейки). Рядом с мельничным

комплексом небольшой участок заняла усадьба владельца, на которой появилось оригинальное деревянное здание, известное как «дача владельца мукомольной мельницы в Сейме Н. А. Бугрова». Архивные материалы, связанные с проектированием и постройкой дома, не обнаружены. Временным отрезком возможного строительства здания является вторая половина 80-х – начало 90-х гг. XIX в., что совпадает с периодом наибольшей строительной деятельности владельца.

Дом-особняк был выполнен в духе «фольклорного направления» русского стиля. Наиболее ярко данное направление выразилось в творчестве И. П. Ропета (И. Н. Петрова), опиравшегося на традиции непрофессионального, народного искусства [3]. Стиль этот критиковался многими – его называли «пряничным», «петушиным», «ропетовщиной», однако именно он на длительное время определил характер деревянной застройки небольших городов и дачных поселков. Вполне прозаическим по назначению постройкам придавался вид сказочных теремов, обильно украшенных резными деталями и увенчанных высокими пирамидальными крышами. Исследователь нижегородской архитектуры О. В. Орельская замечает, что под влиянием архитектуры деревянных павильонов в неорусском стиле на Всероссийской промышленно-художественной выставке 1896 г. в Н. Новгороде и его окрестностях стали появляться аналогичные по характеру деревянные дома-особняки [4].

По версии, выдвинутой исследователем нижегородской архитектуры С. М. Шумилкиным, дом был приобретен Н. А. Бугровым на одной из выставок, проходивших в Москве, и перевезен на территорию мельницы либо был построен по проекту, составленному одним из московских архитекторов. Основываясь на натурных обследованиях и материалах архитектурно-археологических обмеров, С. М. Шумилкин отмечает исключительное качество исполнения конструкций сруба и разнообразие рисунков пропиленной резьбы, покрывающей фасады здания, делая вывод о его изначальном использовании в экспозиционных целях [2]. Известная акварель архитектора П. П. Малиновского «Передний фасад дачи Н. А. Бугрова на Сейме», датированная 1897 г., вероятно представляет собой проект перестройки первоначального объема, в ходе которой здание получило насыщенную резную обработку фасадов, сохранившуюся до нашего времени (рис. 3 цв. вклейки).

Выстроенный наподобие купеческих хором или палат, дом-особняк обладает репрезентативным архитектурно-художественным обликом. Его компактная объемно-пространственная композиция усложнена многочисленными акцентными элементами – угловой башней, крыльцами, балконами, террасами. Сложная крыша здания формируется разнообразными приемами и формами покрытий: шатровым, бочкообразным, щипцовым и с полицами. Покрытие в крупную «шашку» на шатре и на больших бочках сочетается с мелким чешуйчатым на щипцах окон, малых бочках, слуховых окнах. По верху бочкообразного покрытия выполнены прорезные гребни. Над щипцами окон второго этажа, полуциркульными слуховыми окнами, над большими щипцами балкона и главного крыльца установлены многочисленные шпили с фигурным силуэтом, столь характерные для построек в «русском стиле». Яркий художественный облик дому придает архитектурный декор – оконные наличники фигурной формы, резные столбики балконов и крылец, подзоры, причелины,



полотенца. Плоскости и элементы фасадов покрывает, напоминая кружево, традиционная пропильная резьба.

Использование исконно русского материала – дерева, резной декор, узорочье, сложное завершение кровли придают зданию национальный колорит и ставят этот памятник в один ряд с лучшими столичными постройками эпохи эклектики. Редкий образец жилой постройки, выполненный в «фольклорном направлении» русского стиля, является одной из выразительных иллюстраций этого архитектурного направления, реализованного на рубеже XIX – XX вв. в русской глубинке.

В процессе длительной эксплуатации исторический художественный облик дома претерпел ряд изменений. Оказались частично утрачены его архитектурные элементы, в том числе богато украшенные декоративной резьбой балконы и террасы. Первоначальные элементы и характер декоративного оформления фасадов здания были выборочно восстановлены при проведении реставрационных работ 2006–2010 гг. авторским коллективом архитекторов под руководством С. М. Шумилкина.

Комплексные научные исследования, проведенные в 2023 г. под руководством А. С. Шумилкина, показали существенные деформации отдельных частей здания вследствие биопоражений, общей потери жесткости и повышению деформативности деревянных конструкций сруба (рис. 4 цв. вклейки). Ограниченно работоспособное состояние стен и перекрытий вызвано гниением бревен, нарушением перевязки (узлов сопряжения) внутренних и наружных стен, заменой отдельных участков бревенчатых стен каркасными. Выявлено отсутствие ряда элементов и деталей первоначального архитектурного облика: утрачены балконы со стороны восточного фасада (над местом расположения утраченного балкона находится балконная дверь, видны сохранившиеся выпуски балок) и со стороны западного фасада (сохранился навес и завершения стоек).

Актуальный проект комплексной реставрации Летней дачи Бугрова предусматривает приведение конструкций здания в работоспособное состояние, восстановление исторического архитектурного облика, а также создание условий для современного музейного использования объекта культурного наследия.

В основу проектных реставрационных решений закладывается принцип максимального сохранения подлинного исторического материала. В результате анализа полученных данных инженерных исследований была выявлена необходимость восстановления базовой геометрии памятника. Для этого в проекте разработаны меры по частичной переборке сруба с заменой отдельных поврежденных венцов или их участков и восстановлением угловых соединений (перерубов), выполняемые с помощью постановки внутреннего стального каркаса для лифтинга конструкций. Данные инженерно-реставрационные решения согласуются с методикой реставрации памятников деревянной архитектуры: например, способ последовательной переборки с поэтапной реставрацией памятника снизу-вверх по «реставрационным технологическим поясам» методом вывешивания был заложен в концепции реставрации церкви Преображения Господня Кижского погоста – объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО, проводившейся в период 1999–2019 гг. [5].

Работы выполняются в соответствии с реставрационной методикой, предусматривающей детальную маркировку, демонтаж и складирование элементов для последующей реставрации конструкций: террас, веранды,

**К СТАТЬЕ А. С. ШУМИЛКИНА, Е. Е. ГРАЧЕВОЙ
«ЛЕТНЯЯ ДАЧА Н.А. БУГРОВА НА СЕЙМЕ.
ПРОЕКТНО-РЕСТАВРАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И РЕШЕНИЯ»**

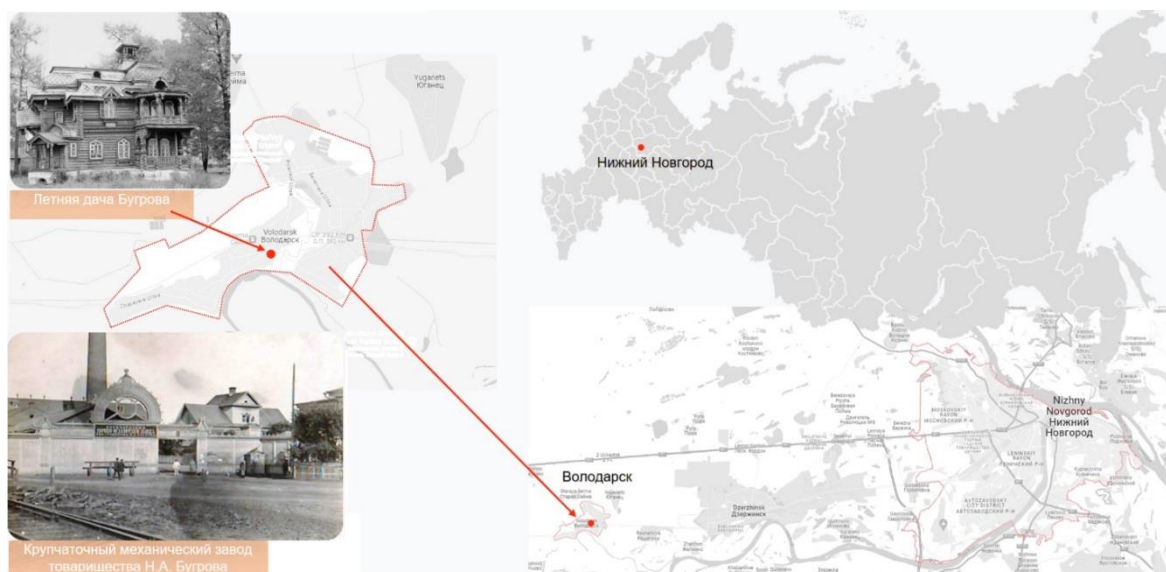


Рис. 1. Летняя дача Н.А. Бугрова в Володарске. Ситуационный план.



Рис. 2. Нижегородский купец-промышленник Н.А. Бугров

Рис.3. Передний фасад дачи Н.А. Бугрова. Акварель арх. П.П. Малиновского. 1897 г.

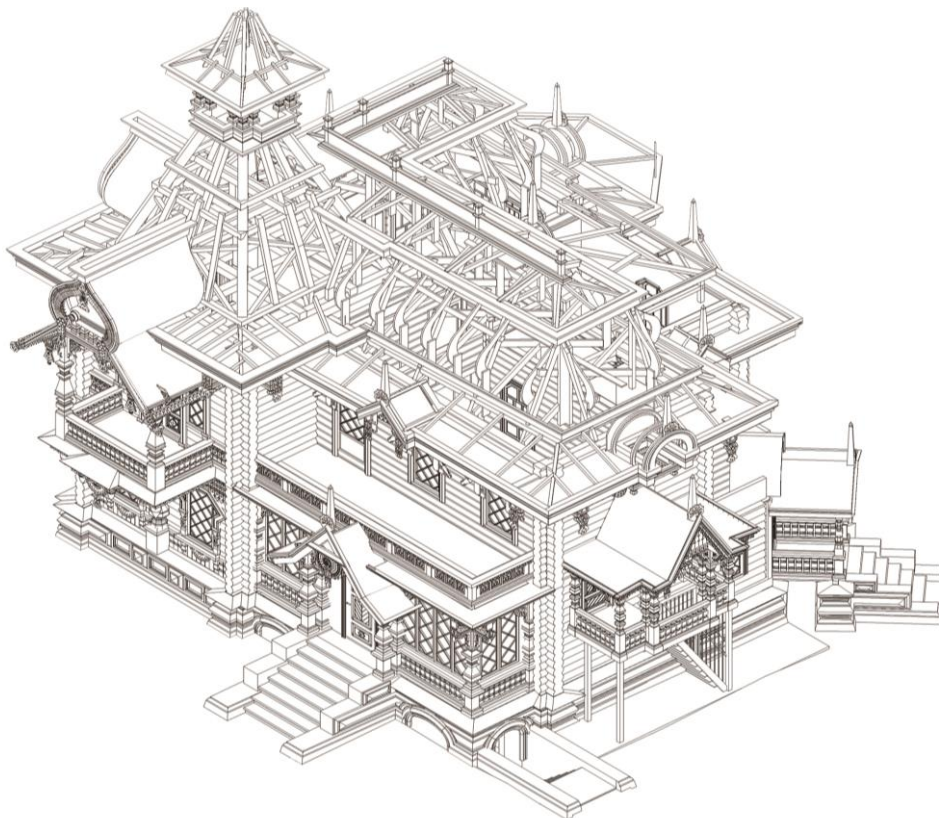


Рис.4. Состояние до реставрации



Рис. 5. Проект реставрации. Фасады.

козырьков, балконов, попадающих в зону производства работ по частичной переборке сруба. Выполняется полная замена аварийных балок перекрытий подвала и первого этажа, частичная замена балок чердачного перекрытия (рисунок).



Аксометрия здания. Модель конструкции кровли

На основе архивных материалов, фрагментарных остатков (выпуски балок, завершения стоек несохранившихся балконов и т. д.) и натуральных аналогов достоверно восстанавливаются и воссоздаются утраченные детали исторического декора фасадов, балконы восточного и западного фасадов, конструкции террасы, утраченные фрагменты отделки художественных интерьеров (рис. 5 цв. вклейки). По результатам реставрационных зондажей красочных слоев проектом разрабатываются предложения по цветовому решению фасадов (несколько отличающиеся от предыдущей реставрации 2006–2010 гг. в силу менее ограниченных возможностей выбора реставрационных материалов на современном этапе, а также предполагающие колористическое решение, основанное на контрастном соотношении цветов в традициях «русского стиля»): окраска основных фасадных плоскостей и деталей в золотисто-охристый цвет с выделением декоративных элементов фасадов терракотовым и травянисто-зеленым цветами, декоративных элементов наличников и торцов сруба – теплым белым оттенком.

Реставрация Летней дачи Бугрова, направленная на восстановление оригинального характера этого редкого и замечательного памятника деревянной



архитектуры в «русском стиле», вносит значительный вклад в сохранение уникальных особенностей культурного ландшафта нижегородского региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шумилкин, С. М. Комплекс мукомольной мельницы Н. А. Бугрова на р. Сейме / С. М. Шумилкин. – Текст : непосредственный // Ученые записки ВВО МСА. – Н. Новгород, 2011. – Вып. 28. – С. 68–75.
2. Шумилкин, С. М. История и реставрация дачи Н. А. Бугрова в Володарске / С. М. Шумилкин. – Текст : электронный. – URL: <https://opentextnn.ru/space/littlesities/volodarsk/shumilkin-s-m-istorija-i-restavracija-dachi-n-a-bugrova-v-volodarske/?ysclid=lppx1xrgyf751542314> (дата обращения 01.11.2023).
3. Кириченко, Е. И. Русский стиль: поиски выражения национальной самобытности. Народность и национальность. Традиции древнерусского и народного искусства в русском искусстве XVIII – начала XX века / Е. И. Кириченко. – Текст : непосредственный. – Москва: БуксМАрт, 2020. – 579 с.
4. Орельская, О. В. Архитектура деревянных жилых домов рубежа XIX – XX вв. в Нижнем Новгороде / О. В. Орельская. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2019. – № 8. – С. 40–45..
5. Незвицкая, Т. В. Руководящие принципы сохранения церкви Преображения Господня Кижского погоста, объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО / Т. В. Незвицкая. – Текст : непосредственный // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2020. – № 6. – С. 88–99.

SHUMILKIN Aleksandr Sergeevich, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design¹, Chief architect²; GRACHEVA Elena Evgenyevna, candidate of architecture, senior researcher scientific research laboratory "Ecology of Culture"³, architect²

N. A. BUGROV'S SUMMER COTTAGE ON THE SEYMA: DESIGN AND RESTORATION APPROACHES AND SOLUTIONS

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel: +7 (831) 430-17-37;
e-mail: ist_arh@nngasu.ru

²«ASGARD» LLC

47, Gogol St., Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel: +7 (831) 433-21-07;
e-mail: info@asgard-arch.ru

³National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod
23, Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603022, Russia. Tel: +7 (831) 433-38-61;
e-mail: gracheva.ee@yandex.ru

Key words: wooden residential architecture, Russian style, architectural restoration.

The architectural characteristics, the results of scientific research and design solutions laid down in the basis of the methodology of restoration of one of the outstanding monuments of wooden residential architecture of the turn of the XIX – XX centuries, a rare example of the "folklore trend" of the Russian style – Bugrov's Summer cottage on the Seyma. It is concluded that the restoration of the original features of the cultural heritage site contributes to the preservation of the unique identity and the most important features of the cultural landscape of the Nizhny Novgorod region.



REFERENCES

1. Shumilkin S.M. Kompleks mukomolnoy melnitsy N.A. Bugrova na r. Seyme [The complex of N.A. Bugrov flour mill on the Seyma river] / Uchenyye zapiski VVO MSA [Scientific notes of the VVO MSA]. Nizhny Novgorod, 2011, rel. 28, pp. 68–75.
2. Shumilkin S.M. Istoriya i restavratsiya dachi N.A. Bugrova v Volodarske [The history and restoration of N.A. Bugrov's cottage in Volodarsk]. URL: <https://opentextnn.ru/space/littlesities/volodarsk/shumilkin-s-m-istoriya-i-restavracija-dachi-n-a-bugrova-v-volodarske/?ysclid=lppx1xrgyf751542314> (data obrascheniya 01.11.2023)
3. Kirichenko E.I. Russkiy stil: poiski vyrazheniya natsionalnoy samobytnosti. Narodnost i natsionalnost. Traditsii drevnerusskogo i narodnogo iskusstva v russkom iskusstve XVIII – nachala XX veka [Russian style: the search for the expression of national identity. Nationality and nationality. Traditions of ancient Russian and folk art in Russian art of the XVIII – early XX century]. Moscow, BuksMArt, 2020, 579 p.
4. Orelskaya O.V. Arkhitektura derevyannykh zhilykh domov rubezha XIX – XX vv. v Nizhnem Novgorode [Architecture of wooden residential buildings at the turn of the XIX – XX centuries in Nizhny Novgorod] / Zhilishchnoye stroitelstvo. 2019, № 8, P. 40–45.
5. Nezvitskaya T.V. Rukovodyashchiye printsipy sokhraneniya tserkvi Preobrazheniya Gospodnya Kizhskogo pogosta, obyekta Vsemirnogo naslediya UNESCO [Guidelines for the Preservation of the Church of the Transfiguration of the Lord of Kizhi Churchyard, a UNESCO World Heritage Site] / Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. 2020, № 6, P. 88–99.

© А. С. Шумилкин, Е. Е. Грачева, 2024

Получено: 13.12.2023 г.



УДК 728 (72.01)

Ю. И. ТАРАСОВА, канд. искусствоведения, доц. кафедры архитектуры

МИРОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ В ЖИЛИЩНОЙ АРХИТЕКТУРЕ XXI ВЕКА

ФГБОУ 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, доб. 1424;
эл. почта: yitarasova@nsuada.ru

Ключевые слова: инновация, инновационная архитектура, современная архитектура, жилищная архитектура, инновационный жилой дом.

Рассмотрены инновационные подходы в жилищной архитектуре XXI столетия. Приведены примеры инновационных решений в зарубежном жилищном строительстве. Отмечены перспективы и возможности реализации таких решений в России. Выявлены инновации, оказывающие существенное влияние на архитектурный облик жилого здания.

Жилищная архитектура XXI столетия претерпевает значительные преобразования. Инновационные технологии внедряются в эту область также стремительно, как и в другие сферы жизнедеятельности человека. Часть из них отражается непосредственно на архитектурном облике жилых зданий, ряд новаций воздействует скрыто, но методично определяет их новые параметры и приводит к изменению архитектурных свойств объектов жилищного строительства. Так, появляется инновационная жилищная архитектура (см. «инновационная архитектура»¹), примеры которой реализуются по всему миру.

Среди основных инновационных направлений в архитектурно-пространственной среде текущего столетия [1] выделим те, что оказывают влияние на жилищную архитектуру:

- устойчивое развитие² (устойчивая архитектура, климатическая, эко- и «зеленая» архитектура);
- социальные тренды (социально ориентированная, исцеляющая и безопасная архитектура);
- цифровая методология проектирования (генеративная, алгоритмическая, параметрическая);
- инновационное формообразование и современные архитектурные стили (биоморфизм, параметризм, биопараметризм);

¹Инновационная архитектура – это архитектура, в морфологии которой проявляется свойство инновационности, а также произведенная инновационным способом и технологией [1]

²*Устойчивое развитие* (англ. *Sustainable Development*) – это модель использования ресурсов, которая направлена на удовлетворение потребностей человека при сохранении окружающей среды, так что эти потребности могут быть удовлетворены не только для настоящего, но и для будущих поколений [2]



– искусственный интеллект (нейросети и нейро-генерирование в архитектуре).

Рассмотрим примеры концепций и реализованных инновационных жилых комплексов согласно перечисленным направлениям инноваций.

Устойчивое развитие является сегодня главным трендом, хотя новизна данной темы относится к 1950–1960 гг. Тем не менее она обновляется за счет применения современных технологий. В общей сложности устойчивый подход реализуется во взаимодействии трех компонентов: *экологического, социального и экономического* [3]. Таким образом, устойчивое развитие тесно связано с экологическими подходами в архитектуре. Социальный компонент также является ключевым и получает развитие как самостоятельное инновационное направление, особенно в жилых комплексах. Экономическая составляющая проявляется в экономичных видах строительства с использованием определенных технологий возведения, конструктивных и отделочных материалов, в том числе в поиске оптимальных архитектурно-планировочных и объемно-пространственных решений и т. п.

Эко-устойчивая архитектура^{3,4} реализуется за счет следующих составляющих: *климат* (рационализация решений в архитектуре с учетом специфичных климатических факторов), *энергия* (применение возобновляемых источников энергии и энергоэффективное потребление) и *материалы* (экологичные материалы и способы их производства, а также утилизация). Среди западных архитекторов с эко-дружелюбными воззрениями и подходами в проектировании жилища отметим: канадского архитектора Питера Басби (*P. Busby*)⁵, эко-архитектора и гуманиста Ричарда Бакминстера Фуллера (*R. Buckminster Fuller*)⁶ и основателя архитектурного бюро Морфозис (*Morphosis*) в Калифорнии Тома Мейна (*T. Mayne*)⁷. Их проекты касаются малоэтажного жилищного строительства.

³**Устойчивая архитектура** (англ. *Sustainable Architecture*) – архитектура, имеющая своей программой непротиворечивое единство эстетических позиций автора и времени социально-экономических, инженерно-технологических и природно-экологических требований, базирующихся на принципах устойчивого развития, полнота воплощения которых определяется принятыми в мировой практике и практике страны требованиями рейтинговых систем оценки устойчивости среды обитания [4].

⁴**Экологическая архитектура (эко-архитектура)** – архитектура, основной задачей которой является целенаправленное изменение и создание благоприятной и экологически устойчивой окружающей среды для человека, обеспечивающей комфортное существование, возможность производства и передачи информации [5].

⁵**П. Басби** – приверженец регенеративного дизайна, при котором дома будущего не только минимизируют ущерб, нанесенный природе, но и вносят положительный вклад в динамику окружающей среды.

⁶**Р. Бакминстера Фуллер** работает над поиском простых и экономных решений для нищих и бездомных; прекрасный пример его эко-архитектуры – сборный дом круглой формы «Дом Димаксион», жизнедеятельность в котором может осуществляться благодаря использованию естественных возобновляемых источников.

⁷**Т. Мейн** – направляет внимание на обновление строительных принципов дизайна и создание эко-домов; стремится подражать природным формам, минимизировать потребление энергии зданием, делать постройки полезными для окружающей среды; создал «Плавучий дом» (*“Float House”*), который может подниматься на высоту в 3,6 м в случае наводнения.



Приведем примеры многоэтажных многоквартирных экодомов. Энергосбережение и достижение экономичного потребления энергии являются приоритетными в вопросах принятия экологических решений в строительстве. Так, первым жилым зданием, которое полностью обеспечивает себя энергией, не нуждаясь в дополнительных ее источниках, или «нулевым» домом является инновационный жилой дом *Hanover Olympic* в Лос-Анджелесе (штат Калифорния, США). Основной источник – солнечная энергия, получаемая солнечными панелями на крыше дома. Энергоэффективные технологии явно не отражаются в архитектурном облике здания. Это скорее вопрос внутреннего технического обеспечения сооружения. Однако в совокупности с климатическими подходами, соответствующими материалами и озеленением приобретают визуальное значение в архитектурно-пространственной организации жилого комплекса. С этой точки зрения примечательны эксперименты и концепции архитектора Винсента Каллебо (*V. Callebaut*)⁸. Он представил эко-микрорайон с фермерскими хозяйствами и альтернативными источниками энергии, который планируют построить в Нью-Дели (рис. 1 цв. вклейки). В своих архитектурных проектах архитектор пытается бороться с проблемами водоснабжения, перенаселения, грядущего глобального потепления.

«Зеленая» архитектура⁹ поддерживает экологическое направление за счет реализации единства и связи с окружающей средой, поддержки микроклимата, применения экологических отделочных материалов и др. В этом направлении примечательна концепция Парижа 2050 от В. Каллебо (рис. 2 цв. вклейки). Наряду с концепциями, отметим уже реализованные проекты «зеленой» архитектуры, например, «Вертикальный лес» (*Bosco Verticale*) в Милане от итальянских архитекторов Стефано Боери (*S. Boeri*), Джанандреа Баррека (*G. Barreca*) и Джованни Ла Варра (*G. La Varra*) (рис. 3 цв. вклейки). Не менее уникальным и амбициозным считается «Городской лес» (*Urban Forest*) Коичи Такада (*K. Takada*) в Брисбене (Австралия), претендующий на звание самого «зеленого» жилого комплекса в мире (рис. 4 цв. вклейки). Применение «зеленых» технологий опирается на различные системы оценки и экологической сертификации [2, 4].

Социальные тренды дополняют концепцию устойчивого развития, являясь одним из трех составляющих, и вносят определенные запросы к архитектурно-пространственной среде.

Социально ориентированная архитектура¹⁰ является особенно приоритетным направлением в жилищном строительстве. Она адресна и специфична будучи направлена на решение социальных проблем, например, жилье для малоимущих, социальное жилье, для молодых семей, дома для престарелых, для маломобильных групп и т. п. Тема социо-ориентированного жилища получила в настоящее время широкое распространение за рубежом.

⁸ **В. Каллебо** – автор 55 экологических проектов, некоторые из них воплощены в жизнь, многие требуют времени из-за своей масштабности и грандиозности

⁹ «Зеленая» архитектура (англ. *Green Architecture*) – устойчивая (зеленая) архитектура или экологически ориентированная архитектура высоких технологий [4]

¹⁰ **Социально ориентированная архитектура (социо-ориентированная архитектура)** – архитектура, направленная на решение ключевых социальных проблем (например, доступное жилье) и отвечающая на острые потребности и запросы общества (согласно выступлению мексиканского архитектора Микеля Рохкинда, 2014 г.).

Особенно интересна с точки зрения социальной и пространственной организации коммуна для поколения Миллениума (*The Collective Stratford*) в Лондоне (рис. 5 цв. вклейки) – это арендное жилье по типу кохаузинга (совместного проживания) для молодых профессионалов от 21 до 30 лет, соединяющее черты студенческого общежития и отеля. Такой формат жилищного строительства формирует новую жилую типологию «со-жития» (*co-living*) и получает распространение в России [6].

Исцеляющая архитектура¹¹ или **социо-архитектура**¹² (не одно и то же, что социально ориентированная) или научно обоснованный дизайн.

Это направление получило широкое распространение в зарубежной практике как с точки зрения научных исследований, так и реализации в объектах. В большей степени коснулось медицинских учреждений, но тем не менее вышло за пределы узкой специализации и стало находить воплощение в жилищной архитектуре. Одним из примеров может служить жилой дом *Reversible-Destiny Lofts* в Токио (Япония) (рис. 6 цв. вклейки). Квартиры в инновационном жилом комплексе сконструированы так, что их жителям постоянно нужно быть начеку – неровные разноуровневые полы, вогнутые и выпуклые стены, никуда не ведущие двери или такие, куда войти получится только согнувшись, розетки на потолках – все для стимуляции борьбы с окружающей их средой, поэтому времени для депрессии просто не остается.

В России тема исцеляющей или социо-архитектуры развивалась в рамках идей «города-сада» и озеленения окружающей среды – через создание парков, скверов и т. п., а сегодня получает актуализацию в тренде «здоровый город». Стоит отметить, что зарубежный термин «исцеляющая архитектура» уже вошел в наш оборот и есть примеры архитектурных объектов, созданных по принципам данного направления. В жилищном строительстве эти принципы реализуются не столько в архитектуре самих жилых домов, сколько в благоустройстве территорий жилой среды. Уже появились системы оценки ее качества и уровня экологичности, такие как *WELL* (здоровье и благополучие) и *FitWel* (подходящий здоровью).

Безопасная архитектура призвана обеспечивать условия проживания и жизнедеятельности, защищенные от воздействия и вмешательства непредвиденных факторов различного происхождения, в том числе стихийных (ураганы, наводнения, землетрясения и т. д.); в условиях новых вызовов человечеству, как пандемии, бактериологические атаки, военные действия, терроризм и т. п., становится бесспорно важной и актуальной. Жилые комплексы, превращающиеся в многофункциональные и сложные по своей структуре организмы, способны обеспечить безопасность наиболее продвинутыми решениями, например, подземными системами входов-выходов, бомбоубежищами, высокотехнологичными конструктивными решениями обеспечить устойчивость сооружения и др.

¹¹ **Исцеляющая архитектура** – архитектура, которая лечит (согласно теории Б. Лоусона).

¹² **Социо-архитектура** – архитектура, оказывающая в первую очередь своим формообразованием положительное (оздоравливающее) воздействие на психоэмоциональное состояние человека (согласно фразы психолога Х. Осмонда и канадского архитектора Ке Идзуми, 1951 г.).

К СТАТЬЕ Ю. И. ТАРАСОВОЙ «МИРОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ В ЖИЛИЩНОЙ АРХИТЕКТУРЕ XXI ВЕКА»



Рис. 1. Концепция эко-микрорайона в Нью-Дели (Индия), арх. В. Каллебо
[<https://pp.userapi.com/c637528/v637528200/20655/jRYTzryUTgs.jpg>]



Рис. 2. Концепция «зеленой» архитектуры Парижа 2050 (Франция), арх. В. Каллебо
[https://ya.ru/images/search?cbir_id=2304095%2FRQh5sP_tSWYsOaHuvMXqMA7809&cbir_page=similar&img_url=https%3A%2F%2Fimages.designtrends.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F11%2F27110400%2FParis-2050-Bamboo-Nest-Towers-3.jpg&lr=65&pos=0&rpt=imageview&url=https%3A%2F%2Favatars.mds.yandex.net%2Fget-images-cbir%2F2304095%2FRQh5sP_tSWYsOaHuvMXqMA7809%2Forig]



Рис. 3. «Зеленая» архитектура жилого комплекса «Вертикальный лес» (Bosco Verticale) в Милане (Италия), арх. С. Боери, Дж. Баррека и Дж. Ла Ватта
[<https://cattur.ru/wp-content/uploads/2020/12/bosco-vertikale-1.jpg>]



Рис. 4. «Зеленая» архитектура жилого дома «Городской лес» (Urban Forest) в Брисбейне (Австралия), арх. К. Такада
[<https://archi.ru/news/87475/vertikalnyi-les-iz---rastenii-koiti-takada-predstavil-proekt-zelenoi-zhiloi-bashni-dlya-avstraliiskogo-brisbena>]



Рис. 5. Коммуна (кохаузинг) для поколения Миллениума (*The Collective Stratford*) в Лондоне (Англия) [<https://archi.ru/world/67993/kommuna-dlya-pokoleniya-milleniума>]



Рис. 6. Социо-архитектура в жилом комплексе *Reversible-Destiny Lofts* в Токио (Япония) [<https://dzen.ru/a/WrDpFgCz3Simtoj0>]



Рис. 7. Жилой комплекс *Valley* (Зеленая долина) в Амстердаме (Нидерланды), арх. бюро MVRDV [<https://archi.ru/world/97616/kanon-dlya-gorodskoi-zhizni#slider-2>]



Рис. 8. Жилой комплекс *Grace on Coronation* в Брисбейне (Австралия), арх. Заха Хадид [<https://archi.ru/world/57289/zhizn-v-cvetakh#slider-5>]



Рис. 9. Искусственный интеллект в эскизных поисках экологичного жилого комплекса [<https://shdevrum.ai/post/3629b6628a1a11eeb0edbadf81d486ab>]



Рис. 10. Искусственный интеллект в эскизных поисках архитектуры жилого комплекса [<https://shdevrum.ai/post/cbf500118a1911ee951b7a2f0d1382ba>]



Цифровая методология проектирования проявляется в жилищной архитектуре, созданной с помощью новых алгоритмов, расчетных приложений и технологий моделирования, которые находят наилучшее формообразование и ориентацию объекта в пространстве с точки зрения, например, инсоляции. Нидерландское архитектурное бюро *MVRDV* предложило проект «пиксельного» жилого комплекса *Valley* (Зеленая долина), объемно-пространственная структура и пластика фасадов которого сконструирована по законам наилучшей инсоляции, что реализовано с помощью специально разработанной параметрической программы (рис. 7 цв. вклейки). Профессия архитектора-программиста становится сегодня особенно актуальной.

Инновационное формообразование и современные архитектурные стили. Параметризм – это архитектурный стиль, прием формообразования и метод проектирования в цифровом пространстве. Он получил наибольшее распространение в архитектуре общественных зданий, но имеются примеры реализации и в жилых зданиях, например, у Заха Хадид (*Z. Hadid*) в жилом комплексе *Grace on Coronation* в Австралии (рис. 8 цв. вклейки). В России параметрический облик в архитектуре жилых зданий пока не получил воплощения, хотя есть попытки «имитации» параметрических форм.

Искусственный интеллект (далее – ИИ) – новое явление XXI века, молниеносно охватившее человечество за последний 2023 год. Он является сегодня мощным цифровым инструментом, помогающим человеку генерировать идеи и решения, опираясь на обработку больших баз данных. Его возможности превышают человеческие в разы, что существенно ускоряет многие не только рутинные процессы, но и творческие. Это серьезное подспорье для тех, кто ищет концепты, идеи, мыслеформы и т. п., как архитекторы и дизайнеры. Безусловно, результаты ИИ требуют серьезной доработки и осмысления человеческим интеллектом, а также верификации на предмет возможностей реализации. Но как стимулятор творческого мышления человека и формирования стартового массива для дальнейшего поиска и отбора идей нейросети незаменимы. Одно из приложений по генерированию текстов и изображений – Шедеврум – позволило получить ответ у ИИ на тему жилого комплекса (рис. 9 и 10 цв. вклейки).

Помимо инноваций в архитектуре жилых зданий, сегодня их наполняют такие технологии, как система «умного» дома. Получив распространение в индивидуальном жилищном строительстве, активно внедряется в многоэтажное жилье и сегодня является неотъемлемой его составляющей. Но это не совсем инновационная архитектура, это жилые комплексы, в которых реализована цифровая среда благодаря внедрению и применению высоких технологий и инноваций цифрового порядка.

Инновационная архитектура жилых комплексов вошла в нашу практику. Среди ключевых направлений – это эко-устойчивое развитие и «зеленые» технологии; социальные тренды, реализующиеся через ориентацию на насущные проблемы социума и их решение, мотивы исцеления, оздоровления, здоровой среды, связанные с влиянием архитектуры на психоэмоциональное состояние человека, и вопросы безопасности среды; цифровое проектирование и современный стиль – биопараметризм; а также искусственный интеллект и его широкая сфера применения на разных этапах реализации – от эскизирования, проектирования и строительства до управления сооружением в период эксплуатации. «Зеленые» технологии, а также параметризм и отчасти цифровая



методология проектирования наиболее явно отражаются в архитектурном облике жилых зданий.

В общей сложности компоненты устойчивого развития, составляющие эко-подхода и «зеленые» технологии, социальные тренды, цифровое проектирование и искусственный интеллект формируют устойчивую архитектуру жилища с минимальным воздействием на окружающую среду: климат ориентированную, энергосберегающую, озелененную, безопасную, оздоравливающую и экономичную – способной создать условия для комфортного проживания человека в современных условиях высокотехнологического развития общества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасова, Ю. И. Понятие «инновационная архитектура» через проявление инноваций в ее морфологии / Ю. И. Тарасова. – Текст : электронный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 1. – С. 154–162. – URL: <https://pnj.nngasu.ru/word/articles/1-2023/22.pdf> (дата обращения: 14.11.2023).
2. Устойчивое строительство и городской дизайн : учебное пособие / А. Л. Гельфонд, М. В. Дуцев, В. Т. Ерофеев [и др.] ; Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва. – Саранск, 2019. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_010124837/?ysclid=loyo7o9r1w742706454 (дата обращения: 15.11.2023).
3. Евтеев, С. А. Наше общее будущее : доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) / С. А. Евтеев, Р. А. Перелет. – Москва : Прогресс, 1989. – 376 с. – URL: <http://xn--80adbkckdfac8cd1ahpld0f.xn--p1ai/files/monographs/OurCommonFuture-introduction.pdf> (дата обращения: 01.12.2023). – Текст : электронный.
4. Есаулов, Г. В. Устойчивая архитектура – от принципов к стратегии развития / Г. В. Есаулов. – Текст : электронный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 6. – С. 9–24. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivaya-arhitektura-ot-printsipov-k-strategii-razvitiya/viewer> (дата обращения: 28.10.2021).
5. Киншт, А. В. Средовой подход и окружающая среда в архитектуре и градостроительстве: экологический взгляд / А. В. Киншт. – Текст : электронный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. № 3. – С. 40–47. – URL: <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/303> (дата обращения: 15.11.2023).
6. Дипломный проект архитектора : учебник / О. А. Лечунова, О. Б. Свешникова, П. В. Семикин [и др.] ; Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А. Д. Крячкова. – Новосибирск : НГУАДИ, 2023. – 200 с. – ISBN 978-5-89170-145-8. – Текст : непосредственный.



TARASOVA Yuliya Igorevna, candidate of art history, associate professor of the chair of architecture

WORLD CONCEPTS AND EXPERIENCE IN IMPLEMENTING INNOVATIVE APPROACHES IN RESIDENTIAL ARCHITECTURE OF THE XXI CENTURY

Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts
38, Krasny Ave., Novosibirsk, 630099, Russia. Tel. +7 (383) 209-17-50 + 1424;
e-mail: yitarasova@nsuad.a.ru

Key words: innovation, innovative architecture, modern architecture, residential architecture, innovative residential building.

The article considers innovative approaches in residential architecture of the 21st century. Examples of innovative solutions in foreign housing construction are given. The prospects and possibilities for implementing such solutions in Russia are noted. Innovations have been identified that have a significant impact on the architectural appearance of a residential building.

REFERENCES

1. Tarasova Yu. I. Ponyatie «innovatsionnaya arkhitektura» cherez proyavlenie innovatsiy v eyo morfologii [The concept of "innovative architecture" through the manifestation of innovations in its morphology]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023, № 1. P. 154-162. – URL: <https://pnj.nngasu.ru/word/articles/1-2023/22.pdf> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
2. Gelfond A. L., Dutsev M. V., Erofeev V. T., et al. Ustoychivoe stroitelstvo i gorodskoy dizayn [Sustainable construction and urban design]: uchebnoe posobie. Natsional. issled. Mordovsk. gos. un-t im. N.P. Ogaryova. Saransk, 2019. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_010124837/?ysclid=loyo7o9r1w742706454 (data obrashcheniya: 15.11.2023).
3. Evteev S. A., Perelet R. A. Nashe obshchee budushchee [Our common future]: doklad Mezhdunarodnoy komissii po okruzhayushchey srede i razvitiyu (MKOSR). Moscow : Progress, 1989, 376 p. – URL: <http://xn--80adbckdfac8cd1ahpld0f.xn--p1ai/files/monographs/OurCommonFuture-introduction.pdf> (data obrashcheniya: 01.12.2023).
4. Esaulov G. V. Ustoychivaya arkhitektura – ot printsipov k strategii razvitiya [Sustainable architecture – from principles to development strategy]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Journal of Construction and Architecture]. 2014, № 6. P. 9–24. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivaya-arhitektura-ot-printsipov-k-strategii-razvitiya/viewer> (data obrashcheniya: 28.10.2021).
5. Kinsht A. V. Sredovoy podkhod i okruzhayushchaya sreda v arkhitekture i gradostroitel'stve: ekologicheskiy vzglyad [The environmental approach and the environment in architecture and urban planning: an ecological view]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Journal of Construction and Architecture]. 2017, № 3. P. 40–47. – URL: <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/303> (data obrashcheniya: 15.11.2023).
6. Lechunova O. A., Sveshnikova O. B., Semikin P. V., et al. Diplomny proekt arkhitekтора [The architect's graduation project]: uchebnik ; Novosibirskiy gosudarstvennyy universitet arkhitektury, dizayna i iskusstv imeni A. D. Kryachkova. Novosibirsk : NGUADI, 2023, 200 p. – ISBN 978-5-89170-145-8.

© Ю. И. Тарасова, 2024

Получено: 02.03.2024 г.



УДК 72.025.5

Д. Д. ХМЕЛЕВСКАЯ, аспирант, асс. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования

ПРОБЛЕМА ПОЛИСЕМАНТИЧНОСТИ ТЕРМИНА «ВОССОЗДАНИЕ» В РЕСТАВРАЦИОННОЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;
эл. почта: ist_arh@nngasu.ru

Ключевые слова: реставрационная терминология, целостные архитектурные воссоздания, предумышленные воссоздания, утраченные архитектурные объекты.

Рассматривается проблема полисемантичности термина «воссоздание» в реставрационной теории, которая препятствует выявлению и систематизации конкретных примеров и косвенно отражается на реставрационной практике. Целью статьи является попытка уточнения понятийного аппарата по данной проблеме. В результате работы был выявлен объем и уровни понятия, обосновано его употребление по отношению к полностью утраченным архитектурным объектам. Раскрыта взаимосвязь термина «воссоздание» с принципом достоверности, произведено его авторское уточнение.

Современная реставрационная практика переживает всплеск архитектурных воссозданий. Первый этап дискуссий, связанный с восстановлением Храма Христа Спасителя (1999 г.), Казанского собора на Красной площади Москве (1993 г.), Воскресенских (Иверских) ворот (1995 г.) относится к периоду 1990–2000-х гг. После непродолжительной стагнации профессиональных споров “*Pro et Contra*” (за и против) начался второй виток активного применения метода (с 2010-х гг.), связанный с экономическим подъемом реставрационной отрасли и заинтересованностью частного сектора в возможной коммерциализации архитектурного наследия [1]. Таким образом, в России к 2024 г. накопился значительный опыт возрождения историко-архитектурных памятников методом воссоздания, демонстрирующий новые современные особенности его применения, что представляет фактологический материал необходимый для решения большинства спорных теоретических и проектных вопросов. В этой связи появились первые исследовательские предложения по систематизации накопленного опыта, однако, до сих пор сохраняются противоречия в терминологическом аппарате по проблеме архитектурных воссозданий, что требует специального исследования.

Необходимость систематизации опыта отечественных реставрационных воссозданий обозначило проблему понятийного аппарата: что все-таки можно считать архитектурным воссозданием в современной реставрационной науке и практике? Оказалось, что в российской реставрационной теории понятие «воссоздание» обладает некоторой полисемантичностью, ему часто подбирают синонимы в профессиональной литературе, такие как: «реконструкция», «восстановление», «возрождение», «целостная реставрация» и др. Стоит отметить, что все эти термины применяются также для описания фрагментарных

реставрационных дополнений без условия полной утраты памятника. Простая теоретическая неопределенность, связанная с богатством и многогранностью русского языка, встала на пути выявления примеров целостных воссозданий, отвечающих принципам научной реставрации. Кроме того, до сих пор в авторских исследованиях и публикациях «воссоздание» намеренно заменяется словами: «новоделы», «фальсификаты», «коммерческие макеты», «декорации», «бутафория», имеющие субъективно-оценочный характер и намеренно демонстрирующие негативное отношение авторов к этому явлению. «Эмоциональность» подобных сравнений выводит их за пределы научного поля, которое требует объективности. Безусловно, критика экспертов в области сохранения объектов культурного наследия имеет значение и выполняет регулятивную функцию, но не в полной мере позволяет оценивать реставрационный метод воссозданий как системное явление, развитие которого определяется социокультурными и экономическими факторами. Расширение семантической группы, связанной с этим реставрационным явлением, свидетельствует о новом языковом освоении понятия «воссоздания» и профессиональном стремлении уточнения сферы представлений о нем. Суть явления представлена графически на рис. 1.

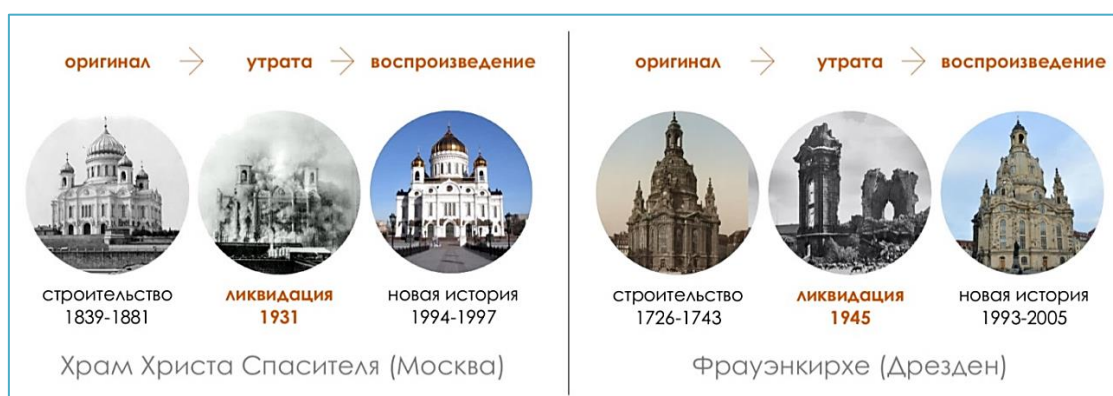


Рис. 1. Суть явления архитектурных воссозданий на примере Храма Христа Спасителя в Москве и церкви Фрауэнкирхе в Дрездене (подразумевает три исторических этапа объекта: жизнь оригинала, его утрата и современное воспроизведение)

Все вышесказанное подчеркивает многозначность – многовариантность – полисемантическую термину «воссоздание», что косвенно нашло отражение в современной реставрационной практике.

Выявлено несколько проблемных направлений, которые делают возможным уточнение термина «воссоздание»:

- 1) вопрос физического объема утраты архитектурного объекта (памятника) и объема самого понятия;
- 2) вопрос «проникновения» общестроительного понятия «реконструкция» в термин «воссоздание»;
- 3) влияние достоверности результата на возможность применения термина и метода как реставрационного.

Несмотря на принципиальное разъяснение Федерального закона (№ 73-ФЗ) о том, что термин касается именно «утраченных» объектов культурного наследия,



современная теория и профессиональная литература продолжают приводить в качестве образцов воссоздания примеры памятников, сохранивших значительные материальные остатки (например, несущий остов стен с фундаментами) [2]. Кроме того, «воссоздание» применяется и к интерьерам, фрагментам и деталям фасадов, что увеличивает объем этого понятия, который проанализирован в таблице.

Объем понятия «воссоздание» в теории архитектурной реставрации

Иерархия уровней архитектурных воссозданий (на основе употребление термина в реставрационной теории)	Описание уровней понятия «воссоздание»
<i>Частичное воссоздание</i> (уровень реставрационных дополнений)	Достоверное восстановление утраченных деталей и/или фрагментов существующего архитектурного памятника (элементов декора, архитектурного убранства, заполнений проемов, отделки, ограждений и др.) в рамках проектов ремонта и реставрации
<i>Фрагментарное реконструкционное воссоздание</i> (уровень реставрационных дополнений)	Восстановление значительной утраченной части памятника, влекущее за собой конструктивные вмешательства и работу с интерьерами (воссоздание отдельных интерьеров, целых корпусов и этажей здания, конструкций стен/перекрытий/фундаментов, крыш, куполов и др.)
<i>Целостное</i> (исследуемый в данной работе уровень)	Полное восстановление утраченного более чем на 75 % от первоначального физического объема архитектурного памятника
<i>Средовое</i> («типологическая реконструкция» – по Матвееву Б. М.)	Восстановление нескольких полностью утраченных памятников в исторических архитектурных ансамблях или комплексах (с соблюдением достоверности). Воссоздание историко-архитектурной среды при существующих памятниках
<i>Возрождение</i>	Послевоенное восстановление исторических городов и градостроительной ткани

Приведенная таблица – это попытка определить уровни понятия, среди которых «фрагментарный» уровень наиболее противоречивый, его зачастую отождествляют с целостным воссозданием памятника. Частичное и фрагментарное воссоздания в рамках современной восстановительной деятельности относятся к реставрационным дополнениям, необходимо их осторожное употребление для разграничения с целостным уровнем. Для целостного уровня также необходимо уточнение понимания полноты утраты, так как на практике полное разрушение наземной части не всегда подразумевает утрату фундаментов. В качестве примеров можно привести Успенский собор в Омске (2007 г.), церковь Симеона Столпника Нижегородского кремля (2021 г.), собор Казанской иконы Божией Матери в Казани (2021 г.), в работе с которыми были найдены основания, подземные пределы и пещерные храмы. В виду того, что современное законодательство не дает разъяснений по этому поводу, нами предлагается показатель утраты более 75 % от первоначального физического



объема, установленный на основе сопоставительного анализа 105 российских архитектурных объектов – некогда разрушенных и возведенных вновь.

Таким образом, в ходе изучения современных законодательных актов, а также на основе анализа профессиональных словарей выявлено однозначное и непротиворечивое определение понятия «воссоздание» как комплекса мероприятий по восстановлению полностью утраченного памятника «посредством его реставрации в исключительных случаях при особой исторической, архитектурной, научной, художественной, градостроительной, эстетической или иной значимости указанного объекта и при наличии достаточных научных данных» [2, 3]. Это позволит установить единство понимания термина «воссоздание».

Вторая проблема связана с необходимостью демаркации терминов «воссоздание» и «реконструкция». Особенно крепко укоренилось отождествление этих понятий в научной литературе из-за настойчивого употребления слова «реконструкция» в международных документах по сохранению архитектурного наследия, а также в результате сравнения с методом графической реконструкции. Если в теории этот факт может помешать информационному обмену специалистов по данной проблеме, то на практике происходит неявное «внедрение» методов реконструкции в научное воссоздание под предлогом приспособления для нового использования. Масштаб таких вмешательств напрямую влияет на достоверность конечного результата и степень соответствия утраченному архитектурному образцу. Явление целостных архитектурных воссозданий в системе реставрационной деятельности и нового строительства графически представлено на рис. 2.

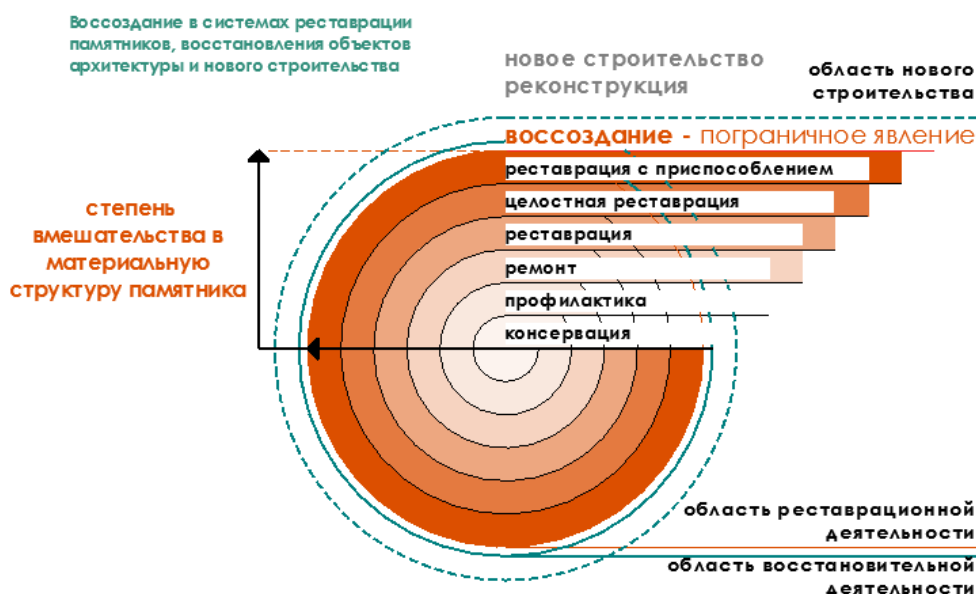


Рис. 2. Схема зависимости видов реставрационных работ от степени вмешательства в материальную структуру объекта (воссоздание рассматривается как переходное явление от восстановительной области к области нового строительства и реконструкции)

Напомним, что в современном законодательстве термин «реконструкция» связан с трансформациями существующего здания, такими как: «изменение



параметров объекта, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта» [4]. Как вид работ «реконструкция» намеренно исключена из Федерального закона (ФЗ-73) «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов РФ». В качестве подобных примеров можно вспомнить факты: создание уровня общественных помещений в Храме Христа Спасителя (г. Москва, 1999 г.), перепланировка под многоквартирный жилой дом гостиницы «Россия» (г. Нижний Новгород, 2022 г.) с возведением дополнительных этажей и подземной парковки, перестройка несущей конструктивной системы и перепланировка под апартамент-комплекс «Лесного корпуса» Сестрорецкого курорта (г. Санкт-Петербург, 2020 г.).

Неизбежно на практику воссозданий в России влияют общестроительные нормы и необходимость прохождения государственных экспертиз, при которых научные принципы достоверности вступают в противоречия с требованиями многочисленных технических регламентов. Таким образом, современное воссоздание архитектурных объектов в России часто рассматривается как новое строительство, несмотря на то, что регламентируется Федеральным Законом № 73.

Чаще всего необходимость приспособления под современное использование диктует условия, при которых становится невозможным применение исторических строительных материалов и технологий, недостижимо полное воспроизведение объемно-планировочной структуры утраченного здания, тем более исключено восстановление старинных инженерных систем. Перечисленный список факторов не является исчерпывающим. На выбор объектов воссозданий часто влияет потенциальная экономическая эффективность и перспектива туристической привлекательности самого сооружения или его градостроительной среды. Таким образом, воссозданные архитектурные объекты наделяются новыми, не присущими им ранее ценностями [5].

Проблема третья выражается во взаимозависимости реставрационного метода воссоздания и требований критериев подлинности: замысла, материала, мастерства исполнения и окружения [6]. Уже сегодня накопленный опыт целостных воссозданий в зависимости от аспекта достоверности условно можно разделить на:

- достоверные, максимально соблюдающие принципы научной реставрации (основанные на объективных графических источниках – фотографиях, архитектурных обмерах, проектных чертежах);
- научно-гипотетические, нацеленные на научный эксперимент (на основе неточных графических источников – зарисовках, гравюрах, графических реконструкциях, текстовых описаниях и проч.);
- «предумышленные» – воссозданные после умышленного разрушения, намеренно недостоверные примеры.

Особое внимание следует уделить последней группе воссозданий. Реализация таких объектов отличается высокой скоростью работ и преследует скорейшее достижение экономической эффективности. То есть работы ведутся, как правило, в случае аварийного технического состояния объектов, с целью модернизации и обновления их функции. Алгоритм подобных работ содержит действия:

- признание памятника аварийным;



- разработка научно-проектной документации по воссозданию с приспособлением;
- ликвидация конструкций;
- быстрое возведение нового здания.

Как результат – воссозданные данным путем здания, чаще всего, имеют следующие характеристики:

- новое функциональное назначение;
- значительные изменения в планировке;
- возможное устройство дополнительных этажей и увеличение физического объема;
- неточности воспроизведения фасадов;
- несоблюдение возможной аутентичности материалов и технологий;
- значительный общественный резонанс;
- отчуждение статуса объекта культурного наследия.

Обозначенные «предумышленные» воссоздания – это конфликтное явление последних лет: каждому такому примеру предшествует аварийный снос исторического архитектурного объекта или скрытый демонтаж его конструкций (зачастую под видом реставрационных работ), что всегда вызывает негативный общественный резонанс и соответствующую реакцию градозащитников. «Предумышленные» воссоздания фактически существуют несмотря на прямой запрет закона в отношении сноса объектов культурного наследия и периодически реализуются на основании судебных решений. А, значит, сохраняется необходимость их изучения и научной оценки. Обозначенные «предумышленные» воссоздания действительно могут нарушить принцип достоверности этого реставрационного метода.

В заключение необходимо отметить, что реставрационное направление архитектурных воссозданий может быть дополнено специальным алгоритмом обоснования применения метода и определения достоверности результата (соответствия утраченному образцу), что позволило бы сохранить особый статус таких объектов и защитить их от дальнейших трансформаций. Возможный вариант был предложен Матвеевым Б. М. – членом ИКОМОС еще в 2018 г. Для воссозданных архитектурных памятников наиболее приемлемым является термин «знаковые объекты исторической городской среды» [7].

Метод воссоздания в современных условиях востребован и приобретает новые тенденции и динамику применения, поэтому вопросы уточнения терминологии по данной проблеме особенно актуальны и могут иметь дальнейшее развитие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проблемы воссоздания утраченных памятников архитектуры : Pro et contra : сборник статей / Российская академия архитектуры и строительных наук ; редакторы-составители И. Н. Слюнькова, С. С. Попадюк. – Москва : Жираф, 1998. – 117 с. – ISBN 5-89832-001-6. – Текст : непосредственный.
2. Российская Федерация. Законы. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации : Федеральный закон Российской Федерации от 25 июня 2002 года № 73-ФЗ : [принят Государственной Думой 24 мая 2002 года : одобрен Советом Федерации 14 июня 2002 года]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/695b166f4805dff62add9f63154d4



388ed7b0fb9/ (дата обращения: 15.12.2022). – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. Версия Проф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

3. Согоян, Н. Ш. Иллюстрированный словарь архитектурных терминов и понятий : учебное пособие по направлению 630100 "Архитектура". – 3-е изд., перераб. и доп. / Н. Ш. Согоян. – Москва : Архитектура-С, 2006. – 380 с. : ил. – (Специальность "Архитектура"). – Текст : непосредственный.

4. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации : ГК РФ : Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2004 года № 190-ФЗ : [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года : одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года] : [редакция от 04 августа 2023 года] : [с изменениями и дополнениями на 01 сентября 2023 года]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 17.12.2023). – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. Версия Проф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

5. Dushkina, N. O. Reconstruction and its interpretation in Russia / N. O. Dushkina // Monuments and sites in their setting – conserving cultural heritage in changing townscapes and landscapes : 15th ICOMOS General Assembly and International Symposium / Section II: Vulnerabilities within the settings of monuments and sites: understanding the threats and defining appropriate responses, 17–21 October, 2005. – URL: <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/322/>.

6. ГОСТ Р 55528-2013. Сохранение объектов культурного наследия : национальный стандарт РФ : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2013 г. N 593-ст : дата введения 2014-01-01. – URL: <https://grad.center/wp-content/uploads/2018/03/proektOKN.pdf> (дата обращения: 17.12.2023). – Текст : электронный.

7. Матвеев, Б. М. О методах сохранения исторической ткани города на примере Сестрорецка / Б. М. Матвеев. – Текст : непосредственный // Памятники всемирного культурного наследия в России – проблемы и перспективы : II Международный научный симпозиум, 19-21 сентября : тезисы докладов. – Великий Новгород, 2018. – С. 14–15.

KHMELEVSKAYA Daria Dmitrievna, graduate student, assistant at the Department of history of architecture and architectural projection fundamentals

THE PROBLEM OF POLYSEMNTY OF THE TERM "RE-CREATION" IN RESTORATION THEORY AND PRACTICE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;
e-mail: ist_arh@nngasu.ru

Key words: restoration terminology, holistic architectural recreations, willfully recreations, lost architectural objects.

The article examines the problem of the polysemantic nature of the term "reconstruction" in restoration theory, which prevents the identification and systematization of specific examples and indirectly affects restoration practice. The purpose of the article is an attempt to clarify the conceptual apparatus on this problem. As a result of the work, the scope and levels of the concept were identified, and its use in relation to completely lost architectural objects was justified. The relationship between the term "recreation" and the principle of authenticity is revealed, and the author's clarification is made.



REFERENCES

1. Problemy vossozdaniya utrachennykh pamyatnikov arkhitektury : Pro et contra [Problems of recreating lost architectural monuments: Pro et contra]: sbornik statey / Ross. akadem. arkhitektury i stroit. nauk ; red.-sostavit. I. N. Slyunkova, S. S. Popadyuk. – Moscow: Zhiraf, 1998. – 117 p. – ISBN 5-89832-001-6.
2. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Ob obektakh kulturnogo naslediya (pamyatnikakh istorii i kultury) narodov Rossiyskoy Federatsii [Russian Federation. Laws. On objects of cultural heritage (historical and cultural monuments) of the peoples of the Russian Federation]: Fed. zakon Ross. Fed. ot 25 iyunya 2002 goda № 73-FZ: [prinyat Gos. Dumoy 24 maya 2002 goda : odobren Sovetom Federatsii 14 iyunya 2002]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/695b166f4805dff62add9f63154d4388ed7b0fb9/ (data obrashcheniya: 12/15/2022). – Rezhim dostupa: KonsultantPlus. Zakonodatelstvo. Versiya Prof (NNGASU).
3. Sogoyan N. Sh. Illyustrirovanny slovar arkhitekturnykh terminov i ponyatiy [Illustrated dictionary of architectural terms and concepts]: ucheb. posobie po napravleniyu 630100 "Arkhitectura". – 3-e izd., pererab. i dop. – Moscow: Arkhitectura-S, 2006. – 380 p. : ill. – (Spetsialnost "Arkhitectura").
4. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Gradostroitelny kodeks Rossiyskoy Federatsii [Russian Federation. Laws. Urban Planning Code of the Russian Federation]: GK RF : Fed. zakon Ross. Fed. ot 29 dekabrya 2004 goda № 190-FZ: [prinyat Gos. Dumoy 22 dekabrya 2004 goda : odobren Sovetom Federatsii 24 dekabrya 2004 goda] : [red. ot 4 avgusta 2023 goda]: [s izmen. i dop. na 1 sentyabrya 2023]. – URL: <http://www.consultant.ru> (data obrashcheniya: 12/17/2023). – Rezhim dostupa: KonsultantPlus. Zakonodatelstvo. Versiya Prof (NNGASU).
5. Dushkina N. O. Reconstruction and its interpretation in Russia / Monuments and sites in their setting – conserving cultural heritage in changing townscapes and landscapes: 15th ICOMOS General Assembly and International Symposium / Section II: Vulnerabilities within the settings of monuments and sites: understanding the threats and defining appropriate responses, 17–21 October, 2005. – URL: <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/322/>.
6. GOST R 55528-2013. Sokhranenie obektov kulturnogo naslediya [Preservation of cultural heritage sites] : natsionalny standart RF: utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Fed. agent. po tekhn. regulir. i metrolog. ot 28 avgusta 2013 g. N 593-st: data vved. 2014-01-01. – URL: <https://grad.center/wp-content/uploads/2018/03/proektOKN.pdf> (data obrashcheniya: 12/17/2023).
7. Matveev B. M. O metodakh sokhraneniya istoricheskoy tkani goroda na primere Sestroretska [On methods of preserving the historical fabric of the city by the example of Sestroretsk] / Pamyatniki vsemirnogo kulturnogo naslediya v Rossii – problem i perspektivy [Monuments of world cultural heritage in Russia – problems and prospects] : II Mezhdunarod. Nauch. simpozium, 19-21 sentyabrya : tezisy dokladov. – Veliky Novgorod, 2018. – P. 14–15.

© Д. Д. Хмелевская, 2024

Получено: 12.03.2024 г.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 728.2.012.27

Е. Ю. АГЕЕВА, д-р филос. наук, доц., проф. кафедры архитектуры;
Т. В. КАРАКОВА, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой дизайна

СОВРЕМЕННЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ТРЕНДЫ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ

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

эл. почта: ag_eu@bk.ru

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Тел.: (846) 278-43-11;

эл. почта rector@samgtu.ru

Ключевые слова: современные жилые комплексы, высотные дома, sky-мосты, соединение жилья и офисов, экологичные строительные материалы, апартаменты, урбан-виллы, парклеты.

Рассмотрены основные тренды развития архитектуры городских жилых комплексов в России. Они представляют особый интерес для архитекторов и девелоперов. Это и развитие высотного строительства со sky-мостами, соединение функций офиса и жилья, реновация промышленных предприятий и территорий под жилую функцию, возросшая роль благоустройства как отдельного архитектурного объекта, использование экологически чистых строительных материалов, строительство «зеленых домов»; возрастание значимости благоустройства придомовой территории как архитектурного объекта, наличие общественных пространств.

Эти тренды отражают стремление жителей мегаполисов иметь качественное жилье с интересной индивидуальностью, хорошей инфраструктурой общественных пространств, балансом между работой и комфортным отдыхом и связью с природой.

В России жилые комплексы появились в конце 1990-х – начале 2000 гг. Обычно жилым комплексом считается один или несколько многоквартирных домов на единой территории, построенные в одном архитектурном стиле, образующих территориально-пространственную целостность. Жилой комплекс (далее ЖК) включает в себя кроме жилых домов инфраструктурные объекты, парковки и т. д. Наполнение может быть самым разным, тут нет единых норм. Многие жилые комплексы имеют собственное название. Стремительно меняется образ жизни в городской среде, особое влияние на изменения оказал локдаун. И сейчас основная задача архитекторов и застройщиков заключается в создании такой жилой среды, которая адекватно отражает изменения в образе жизни. Давно прошли те времена, когда горожанина устраивала «бетонная коробка», где удобно спать и смотреть телевизор. Сейчас люди обращают внимание на удобство транспортной и обслуживающей инфраструктуры, эстетику и интересную индивидуальность качественного жилья, комфорт городской среды.

Рассмотрим выявленные нами архитектурные тренды современных жилых комплексов. Это шесть основных трендов современных жилых комплексов: развитие жилых домов по вертикали; соединение функции офиса и жилья и, как



следствие, появление такого жилья как апартаменты; конверсия под жилье неэксплуатируемых промышленных предприятий; использование экологически чистых строительных материалов, строительство «зеленых домов»; возрастание значимости благоустройства придомовой территории как архитектурного объекта, наличие общественных пространств.

Современные мегаполисы в России, исчерпав земельные ресурсы, все чаще развиваются «по вертикали». Количество высотных зданий в крупных городах увеличивается в среднем на 8 % ежегодно [1]. Данный тренд останется с нами надолго и поможет в решении проблемы строительства необходимого количества жилых квадратных метров для постоянно растущего городского населения.

Формат «вертикального города в городе» достаточно сложен в реализации, но у него хорошие перспективы: здания, расположенные рядом, соединяются мостами. На территории жилого комплекса могут быть организованы жилые и коммерческие зоны, школа, отель, места отдыха. Sky-мост – это новое популярное архитектурное решение в современных высотных многоэтажных домах высокобюджетного сегмента. Как правило, он соединяет соседние корпуса одного здания, образуя дополнительное пространство для жизни и досуга. Эти «небесные мосты» отличает сложность конструкции, головокружительные виды на городское пространство. В России флагманом архитектуры «небесных мостов» является жилой комплекс «Событие» – первый в нашей стране проект с уникальными разноуровневыми sky-мостами и парком на высоте 170 м, всего в здании 50 этажей (рис.1).



Рис. 1. ЖК «Событие», г. Москва, 2023 г. (<https://donstroy.moscow/objects/sobytie/>)

Важное значение в этом ЖК имеет комфорт и удобство проживания: владельцам квартир будут доступны беговые дорожки, пространства для прогулок с живописными видами, комфортные лаунжи, а также удобные коворкинги и площадки с шезлонгами для спокойного отдыха, расположенные на высоте 26-го и 28-го этажей.

Подобные проекты появляются сейчас и в других городах России. На рис. 2 представлены варианты архитектурного решения ЖК по ул. Черниговской в

Нижнем Новгороде; в каждом варианте здания имеют 32 этажа, высоту более 100 м и *sky*-мост, в котором будут располагаться общественные пространства.



Рис. 2. Два варианта решения жилого комплекса по ул. Черниговской, Н. Новгород. Проект. 2023 г. (<https://glorax.com/glorax-premium-chernigovskaya>)

Жилой комплекс «Селигер Сити» – это новостройка от компании *MR Group* в Северном административном округе столицы (рис. 3). В состав комплекса входят 11 монолитных многоэтажных домов с сопутствующей инфраструктурой – детским садом, школой, паркингом и благоустроенным двором-парком. Ассортимент недвижимости представлен студиями, одно-, двух- и трехкомнатными квартирами со свободной планировкой.



Рис. 3. ЖК «Селигер-сити», г. Москва. 2023 г. (<https://seliger-city.ru/>)

Самые высокие здания ЖК «Селигер сити» насчитывают высоту 200 м в самых высоких башнях Лисицкого, 60 этажей. И этот ЖК отвечает повышенным требованиям комфорта и удобства проживания. В «Селигер Сити» запроектирован собственный парк, но гулять можно не только в парке: широкий променад с фонтаном, арт-объектом и местами отдыха будет обладать тем же очарованием и уютом, что и аллеи в центральных парках Москвы. Перемычка



горизонтального небоскреба используется под *Sky lounge* и является дополнительным общественным пространством.

Архитектура комплекса выполнена в авторском урбанистическом стиле с применением клинкерной плитки и современных отделочных материалов. Развитую внутреннюю инфраструктуру комплекса дополняет хорошая транспортная доступность для жителей.

Следующий популярный тренд: соединение функции жилья и офиса. Появление персональных компьютеров и развитие Интернет-коммуникаций способствовали возможности трудиться дома или вообще в любом другом месте, где есть выход в глобальную сеть. Все больше развивается бизнес-инфраструктура внутри многоквартирного дома. Этот феномен гибрида офиса и жилья выходит на новый уровень благодаря появлению в общественной зоне ЖК коворкингов, а также конференц-залов, переговорных, шоу-румов, службы кэтеринга и прочих услуг, свойственных бизнес-центру. Первым примером подобной типологии стал комплекс «Город Столиц», сооруженный «Капитал Групп» в ММДЦ «Москва-Сити».

И такие примеры появляются повсеместно. Например, ЖК *Studio#8*, г. Москва, 2021 год. Красивый, стильный, современный, удобно расположенный комплекс: есть жилые и нежилые помещения (всевозможные офисы, кальянная, магазины, салон красоты, детская студия, кофейни, кафе) (рис. 4).



Рис. 4. ЖК *Studio#8*. Нижний уровень – выставочные пространства, второй уровень – мастерская, третий уровень – жилой, г. Москва. 2021 г. (<https://loftstudio12.ru/studio8/>)

Офисно-жилые «гибриды» выводят этот феномен на новый уровень, соединяя в пространстве многоквартирного дома жилую функцию с бизнес-инфраструктурой. Но наши российские нормы запрещают такое объединение: запрещается располагать бизнес-пространства и жилые квартиры на одном этаже, в одной секции; также офисы и жилье должны иметь независимый выход. Но после локдауна коворкинги появляются почти в каждом жилом комплексе, и появление апартментов с другой правовой базой позволяет объединять эти функции. Например, ЖК Олимпийская деревня г. Новогорск, построенный в 2020 году, представляет собой подобное объединение. Офисы занимают три нижних этажа дома, а выше находятся комфортабельные апартменты. И нашлось много желающих, объединить работу и свой офис в одном здании, несмотря на статус апартментов, и все соответствующие минусы (рис. 5).



Рис. 5. ЖК Олимпийская деревня г. Новогорск, 2020 г. (<https://odnovogorsk.ru/>)

Также развивающимся трендом становится конверсия под жилье неэксплуатируемых промпредприятий. Причем у нас в России речь чаще всего идет не о конверсии отдельного сооружения (как принято на Западе), а о реновации целой промышленной территории [2].

Жилье, получаемое в результате конверсии, находится чаще всего в центральных жилых районах. Именно оттуда убирают промышленную функцию как устаревшую и/или не соответствующую современным санитарным нормам. В результате реновации со сменой функции получаем обширные квартиры свободной планировки, с высокими потолками, с большими окнами. Склады и пакгаузы идеально подходят под эти цели [3]. Элеваторы, градирни сложнее поддаются реновации, но и результат может быть крайне интересным. Этот тренд вызван рядом причин: это и экологичность (так как снос строительных объектов приравнен по количеству отходов, пыли, выброса вредных веществ к экологической катастрофе); экономичность (снести чаще всего получается намного дороже) и стремление получить необычное уникальное жилье. Примеров таких множество: ЖК *Wine House*, г. Москва, построенный на территории бывшего винзавода. Это прекрасный пример реновации «Рассвет *Loft Studio*», где советские производственные панельные корпуса превратили в роскошные таунхаусы и двухуровневые апартаменты [3]. Также примером этого тренда является ЖК Макаровский квартал, г. Екатеринбург 2019 года, когда в здании бывшей мельницы организованы апартаменты в стиле лофт.

Например, в ЖК Красная стрела, г. Москва. 2023 года, бывшем фабричном здании организовали в результате реновации 88 апартаментов свободной планировки площадью от 40 до 200 кв. м, торговые и офисные помещения [4] (<https://avaho.ru/tayniy-pokupatel/zhk-krasnaya-strela-5606772/>). Сохранившаяся платформа превращена в прогулочную зону (рис. 6).



Рис. 6. ЖК Красная стрела, г. Москва, 2023 г. (<https://dzen.ru/a/ZWjd6BANNnYtXiNE>)

Еще одним из развивающихся трендов является использование экологичных строительных материалов при возведении жилых комплексов. Уже сейчас в мире создаются тысячи квадратных метров жилья из экологически чистых и возобновляемых материалов. Все больше застройщиков отказываются от традиционных строительных материалов, таких как кирпич и бетон, в пользу более экологически чистых материалов, таких как древесина или глина, композитные материалы, или авторские панели с эффективным утеплителем. Есть примеры использования бетона и отделочных материалов из вторсырья, а также использование новых технологичных разработок, например, печать стройматериалов на 3D-принтере. Это позволяет создавать более здоровые для проживания условия. Например, в ЖК «Ривер парк», строящийся сейчас в Нижнем Новгороде (рис. 7), основная часть фасадов выполнена из многослойных бетонных панелей, произведенных на собственном заводе КМ *Precast* и облицованных прочным клинкерным кирпичом коричневого оттенка. Три верхних этажа третьего блока представляют собой единую часть, выполненную из стемалита.

Стемалит (или эмалированное стекло, эмалит) – это закаленное стекло, на одну из сторон которого нанесено цветное покрытие из запекаемой, уже неотделимой от стеклянной поверхности керамической краски. Краска становится частью стекла и не снимается даже механическим воздействием предметами из металла.



Рис. 7. ЖК «КМ Ривер Парк», г. Н. Новгород, 2024 г. <https://zhk-km-river-park-nn-i.cian.ru/>

Путем нанесения эмали на тонированное в массе или прозрачное стекло можно достигать разных декоративных эффектов. Стемалит относится к категории безопасных стекол, термически упрочненных [5].

Все чаще используется технология *CLT* – ламинированные блоки из древесины. Такие многоэтажные дома с коммуникациями и инженерными конструкциями собираются по принципу конструктора. На строительство многоэтажного дома уходит несколько месяцев. Каркасное строительство применимо для широкого использования и является относительно недорогой технологией. Первые деревянные многоэтажки в России построили в Вологодской области – ЖК «Соколики», 2022 год. Застройщик использовал экологичные деревянные *CLT*-панели для возведения полностью деревянного 4-этажного дома на 32 квартиры.

Вообще понятия экологичности и энергоэффективности тесно связаны с тенденцией строительства «зеленых домов». Все это связано с парадигмой устойчивого развития городов. Понятно, что ключевая роль в процессе повышения экологичности зданий отводится различным инженерным системам. Но с точки зрения архитектуры, с точки зрения будущего жилья понятие экологичности имеет в виду включения зелени – покрытые растительностью крыши, благоустроенные зеленые зоны внутри жилых комплексов, зеленые стены. И это становится самой востребованной тенденцией при строительстве жилых комплексов в последнее время [6, 7]. Возможность быть ближе к природе, возможность наслаждаться красивым ландшафтом повышает качество жизни жильцов и создает более комфортные условия для проживания. Рассмотрим несколько примеров.

В 2023 году голландским архитектурным бюро *DROM* создана архитектурная концепция урбан-вилл для г. Новосибирска (рис. 8). Проект презентует уникальный для Новосибирска формат жилья. Урбан-виллы представляют невысокие одноподъездные дома, которые будут окружать зеленые дворы. Этот тип застройки часто применяют в Европе. В таком доме могут проживать всего около 50 семей. Высотность зданий составляет 7-10 этажей. В квартале сформировано камерное пространство, чтобы соседи знали друг друга.

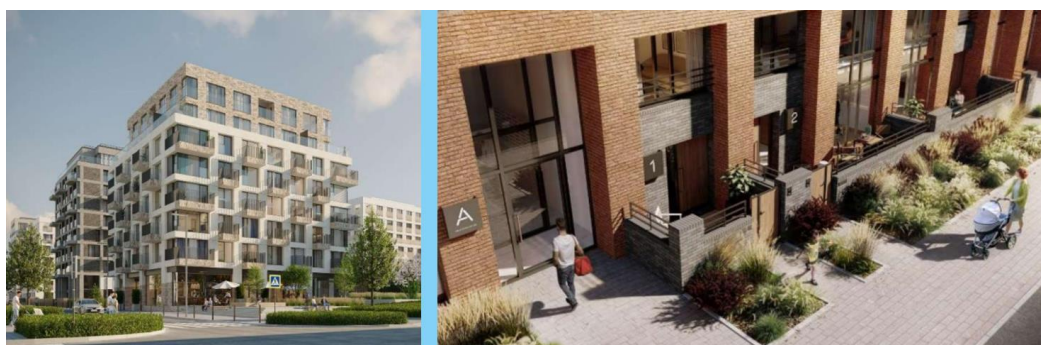


Рис. 8. Проект урбан-вилл на ул. Никитина, г. Новосибирск. Проект 2023 года (<https://archi.ru/projects/russia/17355/urban-villy-na-nikitina>)

У квартир первых этажей спроектированы отдельные входы с улицы. Это придает городскому жилью загородную функцию и повышает приватность проживания. Под домами расположен подземный паркинг. Урбан-виллы



окружены единым протяженным двором. Он устроен как уютный парк для жителей и приподнят над уровнем земли. Доступ автомобилей на территорию закрыт. Общие пространства двора сменяются уютными камерными садами между домов – лесным, водным, садом цветов и изгородей – и продолжаются прогулочными аллеями. Во дворе выполнена плотная посадка уже взрослых прямостоящих деревьев, кустарников, вечнозеленых растений, злаковых трав и цветов. Предусмотрены места спокойного отдыха, детских игр и спорта, водные объекты. Площадь твердых покрытий и мощения минимизирована. Двор имеет природный ландшафт и естественный загородный характер.

Есть необычные решения, когда жилому комплексу принадлежит свой собственный парк. В 2023 году началось строительство ЖК «Парковый квартал Голландия» в г. Рязани (рис. 9). Парковый квартал «Голландия» находится в большом центре Рязани, у него есть собственный парк более одного гектара с ландшафтным дизайном, многоуровневым освещением и озеленением в концепции «4 сезона». Комплекс выполнен в лаконичном голландском стиле, исполненный в природных оттенках. Двор закрыт от машин и посторонних и находится под круглосуточным видеонаблюдением, а для автовладельцев организован подземный паркинг. В комплексе также будет комьюнити центр, где жители смогут общаться, учиться, отмечать праздники, отдыхать и даже развивать собственный бизнес.



Рис. 9. ЖК «Парковый квартал Голландия», г. Рязань, 2023 год. Собственный частный парк, площадь 1,2 га (<https://realty.ya.ru/ryazan/kupit/novostrojka/gollandiya-parkovyj-kvartal-202365/>)

Вообще благоустройство жилого комплекса в наше время выступает как значимый архитектурный объект. И влияет на привлекательность жилья для покупателей. «Зеленые комнаты», висячие прогулочные мосты, арт-объекты и топиарии служат украшением общественных пространств, становясь центрами притяжения. Развитие инфраструктуры благоустройства и озеленения жилых комплексов формирует мощный импульс привлечения инвестиционных потоков и бизнеса, предопределяет социальную динамику роста активности горожан, их заинтересованности в приобретении жилья, в посещении комфортных участков городской среды. Сформированные таким образом общественные пространства с высоким уровнем благоустройства способствуют развитию социокультурной жизни города, привлекая также предпринимателей, инвесторов, становятся

достопримечательностью города в целом, работают на формирование имиджа и брендинга территории места [8]. В таких пространствах активным элементом благоустройства становится парклет, функциональное назначение которого существенно расширяется в сравнении с первыми примерами, получившими распространение в 2010 году в ряде европейских столиц. Так, задача организации пространства для пешеходов на автостоянках в один уровень с тротуаром на несколько парковочных мест для автомобилей и велосипедов преобразовалась в создание платформ-подиумов, представляющих собой современный урбанистический объект (рис. 10), позволяющий создавать дополнительные площадки для отдыха и досуга, организации выносных кафе и ресторанов с включением элементов озеленения [9].



Рис. 10. Примеры парклетов в городской среде (<https://idea.build2last.ru/parklety-na-ulicah-goroda-prostranstvo-dlya-otdyha-lyudey-foto/>)

Формирование новых и оснащение сложившихся общественных пространств в современной жилой застройке значительно увеличивает потребительскую привлекательность территории, способствует экологизации среды, воспитывает чувство гордости, ощущение уникальности своего города, участвует в создании его бренда и имиджа. На сегодняшний день включение парклета в программу архитектурно-средовой организации территории жилых комплексов представляет собой современный урбанистический прием, во многом отвечающий ключевым задачам «тактического урбанизма», активизирующего общественные пространства за счет локальных быстровозводимых и масштабируемых изменений городского ландшафта [10].



Таким образом, перечисленные современные архитектурные тренды показывают основные перспективы развития в проектировании жилых комплексов. Эти тренды отражают стремление жителей мегаполисов иметь качественное жилье с интересной индивидуальностью, хорошей инфраструктурой общественных пространств, балансом между работой и комфортным отдыхом и связью с природой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ишков, Д. Экология и комфорт: популярные архитектурные тренды для жителей мегаполиса / Д. Ишков. – URL: <https://incruussia.ru/specials/donstroiecologyandcomfort/> (дата обращения: 25.03.2024). – Текст : электронный.
2. Агеева, Е. Ю. Варианты преобразования неэксплуатируемых промышленных территорий / Е. Ю. Агеева, А. Е. Кудрявцев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – № 4. – С. 84–92.
3. Агеева, Е. Ю., Купцова О. С. Реновация неэксплуатируемых промышленных зданий и сооружений : монография / Е. Ю. Агеева, О. С. Купцова ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2018. – 102 с. – Текст : непосредственный.
4. Жилой комплекс «Рассвет Loft Studio» 3.34, 3.20 в Москве. – URL: <https://prorus.ru/projects/zhiloy-kompleks-rassvet-loft-studio-334-320-v-moskve/> (дата обращения: 20.03.2024). – Текст : электронный.
5. Все о стемалите. – URL: <https://avgust.biz/articles/vsye-o-stemalite-ot-kompanii-avgust/> (дата обращения: 26.12.2023). – Текст : электронный.
6. Корсун, И. Экологичный девелопмент: тренды, кейсы и готовые решения / И. Корсун. – URL: <https://blog.profitbase.ru/ekologichnyi-dievelopmient-triendy-kieisy-i-gotovyye-rieshieniia/> (дата обращения: 26.12.2023). – Текст : электронный.
7. Викулова, М. Среда вокруг жилья: как меняется подход застройщиков / М. Викулова, К. Разнак. – URL: <https://expertsouth.ru/articles/sreda-vokrug-zhk-kak-menyaetsya-podkhod-zastroyschikov-/> (дата обращения: 26.12.2023). – Текст : электронный.
8. Каракова, Т. В. Среда жилых районов города как реагент отношения «субъект-архитектурное пространство» / Т. В. Каракова. – Текст : непосредственный // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара, 2015. – Том 17, № 1. – С. 259–263.
9. Бендера, Е. А. Парклеты в современной городской архитектуре как эффективное средство создания благоприятной среды / Е. А. Бендера, М. К. Карандашева. – Текст : электронный // Universum: Технические науки : научный журнал. – 2018. – № 6 (51). – URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6039>.
10. Сидоров, Н. А. «Тактический урбанизм как средство активизации общественного пространства» / Н. А. Сидоров. – Текст : непосредственный // Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды : материалы межрегиональной научно-практической конференции, 29–30 ноября 2018 г. / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 78–82. – ISBN 978-5-9227-0878-4.



AGEEVA Elena Yur'evna, doctor of philosophic sciences, associate professor, professor of the chair of architecture; KARAKOVA Tatyana Vladimirovna, doctor of Architecture, Professor, Head of the Department of Design, member of the Union of Architects of Russia

MODERN ARCHITECTURAL TRENDS OF RESIDENTIAL COMPLEXES

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: ag_eu@bk.ru

²Samara State Technical University
2, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443100, Russia. Tel.: +7 (846) 278-43-11,
e-mail: t.karakowa@mail.ru

Key words: modern residential complexes, high-rise buildings, sky bridges, connection of housing and offices, eco-friendly building materials, apartments, urban villas, parklets.

The main trends in the development of architecture of urban residential complexes in Russia are of great importance. They are of particular interest to architects and developers. This includes the development of high-rise construction with sky bridges, the connection of office and housing functions, the renovation of industrial enterprises and territories for residential function, the increased role of landscaping as a separate architectural object, the use of environmentally friendly building materials, the construction of "green houses"; the increasing importance of landscaping the adjacent territory as an architectural object, the availability of public spaces. These trends reflect the desire of residents of megacities to have high-quality housing with an interesting personality, good infrastructure of public spaces, a balance between work and comfortable rest, and a connection with nature.

REFERENCES

1. Ishkov D. Ekologiya i komfort: populyarnye arkhitekturnye trendy dlya zhitel'ey megapolisa. – URL: <https://incruussia.ru/specials/donstroj-ecologyandcomfort/> (Data obrascheniya 25.03.2024).
2. Ageeva E. Yu., Kudryavtsev A. E. Varianty preobrazovaniya neekspluatiruemykh promyshlennykh territoriy [Renovation options for non-exploited industrial territories] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod : NNGASU, 2022. – № 4 – P. 84–92.
3. Ageeva E. Yu., Kuptsova O. S. Renovatsiya neekspluatiruemykh promyshlennykh zdaniy i sooruzheniy [Renovation of non-operated industrial buildings and structures] : monografiya. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod : NNGASU, 2018. – 102 p.
4. Zhiloy kompleks «Rassvet Loft Studio» 3.34, 3.20 v Moskve [Residential complex «Rassvet Loft Studio» 3.34, 3.20 in Moscow]. – URL : <https://prorus.ru/projects/zhiloi-kompleks-rassvet-loft-studio-334-320-v-moskve/> (Data obrascheniya 20.03.2024).
5. Vsy o sternalite [All about sternalite]. – URL: <https://avgust.biz/articles/vsy-o-sternalite-ot-kompanii-avgust/> (Data obrascheniya 26.12.2023).
6. Korsun I. Ekologichnyy development: trendy, keysy i gotovye resheniya [Eco-friendly development: trends, cases and ready-made solutions]. – URL: <https://blog.profitbase.ru/ekologichnyi-dievelopmient-triendy-kieisy-i-ghotovye-rieshieniia/> (Data obrascheniya 26.12.2023).
7. Vikulova M., Raznak K. Sreda vokrug zhilya: kak menyaetsya podkhod zastroyshikov [Environment around housing: how the approach of developers is changing]. –



URL: <https://expertsouth.ru/articles/sreda-vokrug-zhk-kak-menyaetsya-podkhod-zastroyshchikov/> (Data obrascheniya 26.12.2023).

8. Karakova T. V. Sreda zhilykh rayonov goroda kak reagent otnosheniya «subekt-arkhitekturnoe prostranstvo» [The environment of residential areas of the city as a reagent of the relationship "subject-architectural space"] / Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. - Samara, 2015. - Vol. 17, № 1. - P. 259–263.

9. Bendera E. A., Karandasheva M. K. Parklety v sovremennoy gorodskoy arkhitekture kak effektivnoe sredstvo sozdaniya blagopriyatnoy sredy [Parklets in modern urban architecture as an effective means of creating a favorable environment] // Universum: Tekhnicheskie nauki [Universum: Technical sciences]: nauchn. zhurn. 2018. № 6(51). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6039>.

10. Sidorov N. A. Takticheskiy urbanizm kak sredstvo aktivizatsii obschestvennogo prostranstva [Tactical urbanism as a means of activating public space] // Sovremennye obschestvennye prostranstva kak instrument razvitiya gorodskoy sredy [Modern public spaces as a tool for the development of the urban environment]: materialy mezhregion. nauch.-prakt. konf. 29–30 noyabrya 2018 goda: Sankt-Peterburg. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. - Saint-Petersburg., 2018. - P. 78–82. - ISBN 978-5-9227-0878-4.

© Е. Ю. Агеева, Т. В. Каракова, 2024

Получено: 02.04.2024 г.



УДК 725.9

Д. В. БАБАРЫКИНА, аспирант кафедры архитектуры, доц. кафедры коммуникационного дизайна

АКТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОНИМАНИЮ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ: ПОНЯТИЯ, ПРОЦЕССЫ, КЛАССИФИКАЦИИ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А. Д. Крячкова»

Россия, 630099, г. Новосибирск, Красный проспект, д. 38. Тел.: +7 (996) 381-01-10; эл. почта: d.babarykina@nsuada.ru

Ключевые слова: общественные пространства; классификация общественных пространств; понятие общественных пространств.

Анализируются различные подходы к определению общественных пространств, включая их функциональную структуру, взаимодействие с архитектурой, городом и обществом. Рассматриваются ключевые аспекты классификаций, такие как открытые и закрытые пространства, их функциональное предназначение и воздействие на социокультурное, архитектурное и градостроительное развитие. Статья обращает внимание на значимость понимания и учета разнообразия общественных пространств при проектировании и управлении городской средой.

На современном этапе развития городской среды можно заметить неопределенность и разнообразие в понимании и классификации общественных пространств. Вопросы, связанные с этой темой, поднимают дебаты и вызывают различные точки зрения среди ученых, градостроителей и общественности.

Понятие общественных пространств подвергается постоянным изменениям под воздействием социокультурных и технологических трансформаций. Современные тенденции городского развития, такие как увеличение численности населения городов, зданий, множественные транспортные средства вносят свой вклад в формирование пространств, которые могут служить общественным целям.

Отсутствие единой классификации общественных пространств создает вызовы для исследователей, которые стремятся систематизировать и понять его значимость. Вопросы о том, что именно делает пространство общественным, какие функции оно должно выполнять, и какие критерии применять для его оценки, остаются открытыми.

В историческом контексте первыми общественными пространствами были древнегреческими *полисы* в Древней Греции – базовая политическая и социальная единица в обществе. Полис включал в себя город и прилегающую территорию, а также население, которое образовывало гражданское сообщество [1]. В полисах общественные пространства зарождались в виде центров общественной, культурной, политической жизни, и к таким пространствам относились *агора* – площадь, которая соединяла в себе и общественную, и религиозную, и политическую функцию. Agora была центром общественной жизни, где граждане собирались для обмена информацией, проведения политических дебатов, отдыха и осуществления культовых обрядов. Она также служила национальным музеем, воплощая в себе историческое и культурное наследие общества. Таким образом,



основные аспекты общественной жизни древнегреческих граждан развивались в общественных пространствах, которые сохраняются в наше время.

Понятие общественного пространства (далее ОП) появляется в работах американского философа *Х. Арендта*, который рассматривает ОП в контексте социальных отношений; по его мнению, ОП – «это среда для развития человека и общества, место, где каждый может выразить себя и показать, чем он отличается от других» [2].

Еще одно понятие ОП выдвигает социолог *Р. Ольденбург* в своей книге «Третье место. Кафе, кофейни, книжные магазины, бары, салоны красоты и другие места» [3], в которой классифицирует пространство с позиции человека по степени важности: первое – это дом, второе – работа, а третье – это место отдыха. Для нас интересен третий пункт, его *Р. Ольденбург* описывает как место комфорта, доступности, место состояния психологического комфорта для человека. Примером может выступать не только реальное место (кафе, парк, главные улицы города и т. д.), но и виртуальное (интернет сообщества, форумы).

Стивен Карр классифицирует ОП на рыночные площади, универсальные площадки, общинные участки и улицы с ограниченным движением. Согласно его взгляду, ОП должны обладать тремя ключевыми характеристиками: быть 1) адаптивными – проектироваться и управляться с учетом потребностей пользователей; 2) демократичными – обеспечивать доступность для всех групп населения и гарантировать свободу действий; 3) иметь значимость – способствовать формированию прочных связей между людьми, местом и их личной жизнью, а также внешним миром [4].

После анализа понятия общественного пространства в работах зарубежных авторов важно обратить внимание на перспективы и подходы, предложенные российскими исследователями в этой области. Российская школа архитектурной мысли выдвигает свои собственные концепции, основываясь на специфике культурного и социального контекста страны.

Неотъемлемой частью комплексного подхода к пониманию общественных пространств в России является анализ законодательной базы, регулирующей эти пространства. В Российском законодательстве на федеральном и региональном уровне понятие «общественное место» широко применяется, однако, в законодательстве России отсутствует отдельный закон или документ, который бы содержал четкое и универсальное определение понятия ОП. Вместо этого понятие ОП включено в различные сферы законодательства и нормативных актов, таких как градостроительный кодекс, законы о благоустройстве территорий, законы о культурных ценностях и др. Например, в Градостроительном кодексе Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) дается определение территориям общего пользования: «территории, которыми беспрепятственно пользуется неограниченный круг лиц (в том числе площади, улицы, проезды, набережные, береговые полосы водных объектов общего пользования, скверы, бульвары)» [5]. Похожая формулировка понятию ОП дается в Земельном Кодексе Российской Федерации, в соответствии со ст. 85 ЗК РФ «земельные участки общего пользования, занятые площадями, улицами, проездами, автомобильными дорогами, набережными, скверами, бульварами, водными объектами, пляжами и другими объектами, могут включаться в состав различных территориальных зон и не принадлежат приватизации».

Среди отечественных исследователей можно выделить *В. Л. Глазычева*, который выделяет необходимость наличия «большого количества людей, не занятых производственной деятельностью, в общественных пространствах» как один из двух признаков городской жизни. В случае, если в городе не активно ОП, отмечается отсутствие его центрального притяжения. Это, в свою очередь, приводит к отсутствию формирования городского сообщества. Такое место, возможно, скорее относится к поселению, агломерации, нежели к городу. Важным аспектом является идея того, что ОП играют ключевую роль в социокультурной динамике города, создавая центральные точки взаимодействия, где граждане могут обмениваться идеями, участвовать в культурных мероприятиях и формировать тесные связи. В своих работах *В. Л. Глазычев* использует понятия: «предгород», «город», «недогород» и «негород». Автор подчеркивает, что в «предгороде» общественные пространства становятся невозможными в силу отсутствия свободного пространства и людей, не участвующих в производственной деятельности. Это выделяет важность устойчивого планирования и оптимального использования пространства для создания возможностей общественного взаимодействия. В «недогороде» же отсутствует формирование городского сообщества, что подчеркивает необходимость развития социальной инфраструктуры и инициатив, способствующих объединению жителей вокруг общих ценностей. В «негороде» хоть сообщество есть, однако, из-за большого числа людей нет единства, но тем не менее общественные пространства есть [6].

Наряду с *В. Л. Глазычевым*, о месте и понятии ОП рассуждал в своих работах *А. Э. Гутнов*. В книге «Эволюция градостроительства» [7] он рассуждал как трансформируется «двор» и «улица» в ходе развития города и жизни горожанина. Как изначально «двор» воспринимался как «свое» закрытое от внешнего мира пространство, а улица как некий «выход» во внешний мир. Но в результате роста города, жилых кварталов и перестройка жизни горожанина такие пространства остались без внимания и перестали так активно использоваться. Это приводит к неэффективному использованию ценной городской земли, а также не способствует формированию у молодой части общества прочной привязанности к определенному месту – родному дому, где он родился и вырос.

А. В. Крашенинников определяет общественные пространства не только как элементы благоустройства, но и как живые части социальной области, подвергшиеся изменениям под воздействием созданной городской среды. Согласно его точке зрения, эти пространства представляют собой неотъемлемую часть окружающей среды, специально преобразованную для удовлетворения потребностей людей [8]. Сами ОП *А. В. Крашенинников* разделяет на микро-, мезо- и макро-пространства (рис. 1). *Микро-пространства* – это мелкие общественные пространства, которые различаются тем, как люди в них двигаются и сколько людей обычно там находится. *А. В. Крашенинников* выделяет пять элементов таких пространств – это *Ниша*; *Угол*; *Стенка*; *Узел* и *Площадка*. Небольшое пространство, где можно сидеть на скамейке в парке, остановка автобуса или уличный фонтан в парке – все это примеры микропространств. *Мезо-пространства* – общественные места, которые организуются вокруг ключевых точек, таких как места, где люди находятся или двигаются (выходы, входы, пересечения и другие транзитные места). Такое пространство включает в себя несколько микропространств, объединенных общим условием социального



контроля. Примеры мезопространств включают в себя зеленые лужайки в парке, площади перед входом в метро и жилые дворы. *Макро-пространства* – большие общественные пространства в городе, такие как центр города, район вокруг станции метро, соседние кварталы или парк культуры. Они представляют собой сложные области, где происходят различные события, и они имеют определенные территориальные границы или принадлежность [9].



Рис. 1. Классификация общественного пространства по А. В. Крашенинникову

А. Л. Гельфонд в одной из работ, посвященной общественным зданиям и общественным пространствам [10], приводит определение ОП как «*пространство для общения и социальной активности, организованное в соответствии с доминирующей функцией*». ОП классифицируется на открытое и закрытое, которые, в свою очередь, подразделяются на категории по доминирующей функции, основанные на типологии общественных зданий: «*музейно-выставочные комплексы; культовые, храмовые и монастырские комплексы; зрелищные; для физкультуры и спорта; университетские и образовательные; торговые центры; культурно-досуговые; деловые и многофункциональные центры*». По мнению автора, общественное пространство и общественное здание связывают сложные отношения. В своей работе автор подчеркивает, что общественное пространство и общественное здание должны обладать функциональной соподчиненностью, единством в композиции и в гармонии в конструкциях, иначе жизнь в городе может стать «*жизнью между зданиями*» (рис. 2).

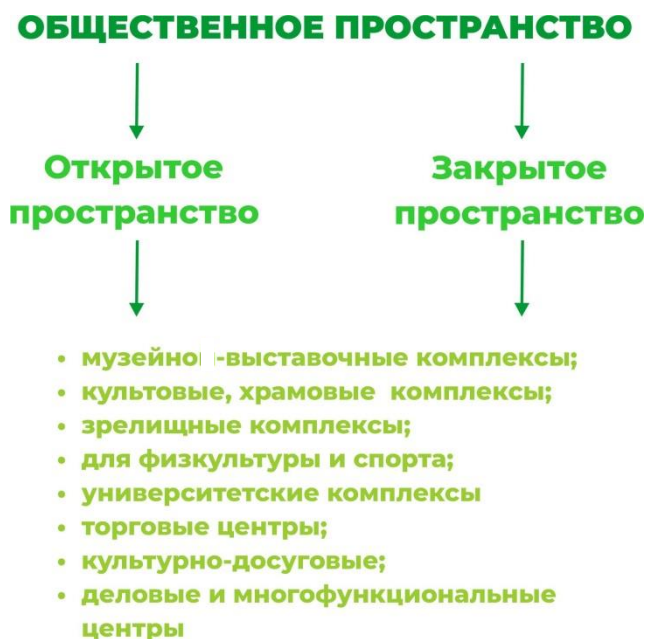


Рис. 2. Классификация общественного пространства по А. Л. Гельфонд

Автор работы Баталина Т. С. в своей статье «Анализ особенностей формирования общественного пространства» [11] также предложила классификацию ОП на *открытое и закрытое*. Открытые, в свою очередь, делятся на *урбанистические пространства* – это площади, улицы, тротуары; и *«зеленые» пространства*, к ним относятся: парки, скверы, бульвары. *Закрытые пространства*, те что располагаются непосредственно за «стеной».

Отдельно в структуре ОП Т. С. Баталина выделяет набережные, которые совмещают в себе функции городских променадов и линейных парков, а также городские пляжи (рис. 3).



Рис. 3. Классификация общественного пространства по Т. С. Баталиной

Кроме того, Т. С. Баталина предлагает классифицировать пространства по социологическому фактору, так как данные пространства представляют возможность коммуникации между людьми. С учетом этого общественные пространства делятся на: *тоталитарные* (которые исключают возможность диалога социума или государства), *демократические* (в данных пространствах



коммуникация наоборот играет важную роль). В качестве примеров тоталитарных урбанистических пространств выдвигаются римские форумы, классические ансамбли, национал-социалистические, площади в советских городах, площадь Тяньаньмэнь. В качестве демократических урбанистических пространств – греческие полисы, агоры, площади перед ратушами в городах республиках. Демократические зеленые пространства – парки Лондона (гайд-парк, кенсингтонские сады), Роджерс-парк (Чикаго).

Заключение

Таким образом, можно отметить, что ОП играют важную роль не только в градостроительном контексте, но и в историческом, философском, социологическом. Разнообразные подходы к пониманию понятия и классификации ОП подчеркивает их многогранность и сложность.

Так, в историческом контексте ОП отражало социальные и политические аспекты общества, способствовали формированию общественной идентичности и культурного наследия. Они были центром общественной жизни людей, и уже тогда служили местом сбора для различных мероприятий.

В градостроительном контексте, ОП является неким связующим элементом, который объединяет городскую среду и город в целом: ОП должны гармонизировать с окружающими зданиями и инфраструктурой, обеспечивая единство городской среды. Вид общественного пространства и его взаимоотношение с горожанином определяет само городское пространство.

Здесь же стоит отметить, что множество классификаций ОП позволяет эффективно использовать пространство города в соответствии с его предназначением.

В философском контексте ОП играет важную роль в формировании и развитии личности и общества, обеспечивая свободу выражения и индивидуальности человека.

В социологическом контексте, на примере работы Р. Ольденбурга, подчеркивается, что общественные пространства занимает «место» в жизни человека и являются неотъемлемой частью его повседневности.

Таким образом, общественные пространства играют ключевую роль в формировании качественной городской среды, способствуя социальной интеграции, культурному разнообразию и устойчивому развитию городов. Их планирование и организация должны основываться на принципах учета потребностей общества, функциональности и гармонии с окружающей средой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, Ю. В. Раннегреческий полис: гомеровский период / Ю. В. Андреев ; Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова. – Ленинград : Ленинградский университет им. А. А. Жданова, 1976. – С. 39–40. – Текст : непосредственный.
2. Арендт, Х. Vita activa, или о деятельной жизни / Х. Арендт ; перевод с немецкого и английского В. В. Биbihина ; под редакцией Д. М. Носова. – Санкт-Петербург : Алетейя, 2000 г. – 437 с. – ISBN 5-89329-230-8. – Текст : непосредственный.
3. Ольденбург, Р. Третье место: кафе, кофейни, книжные магазины, бары, салоны красоты и другие места «тусовок» как фундамент сообщества / Р. Ольденбург ; перевод с английского А. Широканова. – 2е-издание. – Москва : Новое литературное обозрение, 2018 г. – 456 с. – ISBN 978-5-444-80927-3. – Текст : непосредственный.



4. Public Space / Carr Stephen, Mark Francis, Leanne G. Rivlin, and Andrew M. – Stone. 1992, Cambridge : Cambridge University Press.
5. Российская федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации : ГК РФ : Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ : [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года : одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года] : [редакция от 25.12.2023]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 27.01.2024). – Текст : электронный.
6. Глазычев, В. Л. Политическая экономия города: учебное пособие / В. Л. Глазычев. – Москва : Дело АНХ, 2009. – 192 с. – (Сер. «Образовательные инвестиции»). – Текст : непосредственный.
7. Гутнов, А. Э. Эволюция градостроительства / А. Э. Гутнов. – Москва : Стройиздат, 1984. – 256 с. – Текст : непосредственный.
8. Крашенинников, А. В. Топология и структура городской среды / А. В. Крашенинников // Наука, образование и экспериментальное проектирование : материалы международной научно-практической конференции : Москва, 04–08 апреля 2016 г. : труды МАРХИ. – Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2016. – С. 300-303. – EDN YALMZF. – Текст : непосредственный.
9. Крашенинников, А. В. МАКРО-пространства городской среды / А. В. Крашенинников. – Текст : непосредственный // Архитектура и современные информационные технологии. – 2016. – № 3(36). – С. 12. – EDN WQRXXN.
10. Гельфонд, А. Л. Общественное здание и общественное пространство. Дуализм отношений / А. Л. Гельфонд. – Текст : электронный // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 2. – С. 20-33. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschestvennoe-zdanie-i-obschestvennoe-prostranstvo-dualizm-otnosheniy> (дата обращения: 25.12.2023).
11. Баталина, Т. С. Анализ особенностей формирования общественного пространства / Т. С. Баталина. – Текст : электронный // Бизнес и дизайн ревю. – 2017. – № 1 (5). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-osobennostey-formirovaniya-obschestvennogo-prostranstva> (дата обращения: 11.01.2024).

BABARYKINA Darya Vladimirovna, postgraduate student of the chair of architecture, associate professor of the chair of communication design

CURRENT APPROACHES TO UNDERSTANDING PUBLIC SPACES: CONCEPTS, PROCESSES, CLASSIFICATIONS

Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts named after A. D. Kryachkov
38, Krasny Ave., Novosibirsk, 630099. Tel.: +7 (996) 381-01-10;
e-mail: d.babarykina@nsuad.a.ru

Key words: public spaces; classification of public spaces; concept of public spaces.

The article analyzes various approaches to defining public spaces, including their functional structure, interaction with architecture, the city and society. Key aspects of classifications are considered, such as open and closed spaces, their functional purpose and impact on socio-cultural, architectural and urban development. The article draws attention to the importance of understanding and taking into account the diversity of public spaces when designing and managing the urban environment.



REFERENCES

1. Andreev Yu. V. Rannegrecheskii polis: gomerovskiy period [Early Greek polis (Homeric period)]. Leningrad. Gos. un-t im. A.A. Zhdanova. Leningrad, 1976. – P. 39–40.
2. Arendt H. Vita activa, ili o deyatelnoy zhizni [The Human Condition] / Per. s nem. i angl. V.V. Bibikhina ; pod red. D.M. Nosova. – Saint-Petersburg : Aletheia, 2000. – 437 p. – ISBN 5-89329-230-8.
3. Oldenburg R. Trete mesto: kafe, kofeyni, knizhnye magaziny, bary, salony krasoty i drugie mesta “tusovok” kak fundament soobshchestva [Third place: Cafes, coffee shops, bookstores, bars, beauty salons and other hangout places as the foundation of a community] / Per. s angl. A. Shirokanova. – 2-e izd. Moscow : Novoe literaturnoe obozrenie, 2018. — 456 p. – ISBN 978-5-444-80927-3.
4. Carr Stephen, Mark Francis, Leanne G. Rivlin, and Andrew M. Stone. 1992. Public Space. Cambridge: Cambridge University Press.
5. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Gradostroitelny kodeks RF [Town Planning Code of the Russian Federation] : GK RF : Fed. zakon RF ot 29.12.2004 N 190-FZ : [prinyat Gos. Dumoy 22 dekabrya 2004 goda : odobren Sovetom Fed. 24 dekabrya 2004 goda] : [red. ot 25.12.2023]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (data obrashcheniya: 27.01.2024).
6. Glazychev V. L. Politicheskaya ekonomiya goroda [Political economy of the city] : ucheb. posobie. – Moscow: Delo ANKh, 2009. – 192 p. – (Ser. “Obrazovatelnye investitsii”).
7. Gutnov A. E. Evolyutsiya gradostroitelstva [Evolution of urban planning]. – Moscow : Stroyizdat, 1984. – 256 p.
8. Krashenninnikov A. V. Topologiya i struktura gorodskoy sredy [Topology and structure of the urban environment] / Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie [Science, education and experimental design] : materialy mezhdunarodnoy nauchno-praktich. konf. : Moskva, 04–08 aprelya 2016 g. : trudy MARKhI. – Moscow : Moskov. arkhitek. in-t (gos. akademiya), 2016. – P. 300-303. – EDN YALMZF.
9. Krashenninnikov A. V. MAKRO-prostranstva gorodskoy sredy [MACRO-spaces of the urban environment] / Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii [Architecture and modern information technologies]. – 2016. – № 3(36). – P. 12. – EDN WQRXXN.
10. Gelfond A. L. Obshchestvennoe zdanie i obshchestvennoe prostranstvo. Dualizm otnosheniy [Public building and public space. Dualism of relations] // Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]. 2015. № 2. – P. 20-33. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obshchestvennoe-zdanie-i-obshchestvennoe-prostranstvo-dualizm-otnosheniy> (data obrashcheniya: 12/25/2023).
11. Batalina T. S. Analiz osobennostey formirovaniya obshchestvennogo prostranstva [Analysis of the features of the formation of public space] // Biznes i dizayn revyu [Business and design review]. 2017. № 1 (5). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-osobennostey-formirovaniya-obshchestvennogo-prostranstva> (data obrashcheniya: 01/11/2024).

© Д. В. Бабарыкина, 2024

Получено: 06.03.2024 г.



УДК 727:712.4

М. Ю. БОЛГОВ, аспирант кафедры архитектурного проектирования

«ЗЕЛЕНАЯ» АРХИТЕКТУРА НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗА РУБЕЖОМ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: korbol@list.ru

Ключевые слова: архитектура, «зеленая» архитектура, природа, учебно-образовательные учреждения, экоархитектура.

Приведен краткий анализ, выявлены характерные особенности и концепции «зеленого» проектирования в архитектуре учебно-образовательных зданий и сооружений в мировой практике: «зеленых» детских садов, школ и университетов, реализующих идею природной интеграции в архитектуре.

«Зеленая» архитектура пользуется все большей популярностью у архитекторов разных стран мира, и это находит отражение при проектировании зданий и сооружений различной типологии. Главной целью данной отрасли архитектуры является интеграция архитектуры в природную среду, гармонизация отношений между человеком и природой посредством «зеленого» проектирования с использованием зеленых насаждений и технологий, позволяющих минимизировать воздействие на окружающую среду, придавая больший функционал и новый эстетический вид объекту.

Общественные здания и сооружения являются прямыми объектами использования «зеленой» архитектуры в проектах мастеров архитектуры. Большую часть времени человек пребывает в местах общественного назначения – это деловые центры, места торговли, образовательные учреждения. Поэтому создание благоприятной среды для комфортного пребывания человека в зданиях указанной типологии – одна из самых главных задач, которую должен решить архитектор.

Если говорить о современных образовательных учреждениях, то важно, чтобы они прежде всего выполняли экологическую функцию. При этом использование «зеленых» технологий и методов в архитектуре может служить образовательной платформой для учащихся. Они могут узнавать о принципах устойчивости, энергосбережении и охране окружающей среды через практический опыт. «Зеленые» архитектурные решения могут создавать уютные и привлекательные социальные пространства, способствуя общению, сотрудничеству и взаимодействию между учащейся молодежи. Обратимся к анализу конкретных примеров в зарубежной архитектуре.

Школа Бобиньи в Париже (Франция) архитектурного бюро “Mikou Design studio”, (2012 г.) располагается в плотной городской застройке и окружено тремя улицами с автомобильным движением и жилыми домами. Школа имеет эллиптическую форму. Центром композиции являются внутренние дворики, обеспечивающие защищенность и являющиеся центром для общения и игр. Ориентация здания по отношению к сторонам света позволяет поддерживать



оптимальный уровень естественного освещения на каждом этаже. «Зеленое» покрытие здания решено в виде плоских крыш-террас, которые используются в качестве прогулочной зоны [1] (рис.1).

Женский университет Ихва в г. Шиншоне (Ю. Корея), архитектор Доминик Перро, (2008 г.) имеет кампус в виде многофункционального центра, где крышей кампуса становится сад, который летом защищает внутреннее пространство от жары, а зимой от холода. Композиционная и планировочная структура кампуса тесно взаимодействует со структурой города и ландшафтом. Кампус расположен на холмистой местности. В дизайне используются преимущества топографии для создания разных уровней, дорожек и открытых пространств, что делает кампус одновременно функциональным и визуально привлекательным. Кампус спроектирован с учетом пешеходного движения, что сводит к минимуму движение автотранспорта внутри его границ, что создает безопасную и доступную среду. По центральной композиционной оси широкая лестница ведет к верхней площадке. Пологие кровли комплекса покрыты зеленой растительностью и по ним проложены тропинки, т. о. создан парк для прогулок и мест отдыха. Здание органично вписано в ландшафт. Чтобы естественное освещение попадало в кампус в течение дня, архитектор делает фасады здания стеклянными. Автор тщательно продумал систему циркуляции свежего воздуха внутри кампуса. Экономия и практичность касаются здесь даже дождевой воды – для нее созданы специальные резервуары, откуда воду распространяют для функционирования санузлов [2] (рис. 2).

Здание школы “The Heights” в г. Арлингтон (США), (арх. бюро BIG (Bjarke Ingels Group), 2019 г.) является новым корпусом, объединяющим несколько корпусов старой школы. Здание формируется каскадом «зеленых» террас, расходящихся веером от центральной оси.

Расположенный на компактной городской территории, комплекс “Heights” представляет собой набор из пяти прямоугольных блоков. Они напоминают стопку книг, которые вращаются вокруг фиксированной точки поворота – лифтового холла. Это позволяет включить «зеленые» террасы на каждом этаже в планировочную структуру классных комнат, создавая комфортную учебную среду внутри и снаружи. Каскад террас соединяется изогнутыми лестницами, которые волной проходят через все этажи как снаружи, так и внутри. Верхние террасы выполняют роль мест для уединенных занятий, создавая учебные зоны и зоны отдыха. Просторная первая терраса – место проведения общественных мероприятий для всей школы. Многие общие помещения школы, в том числе аудитория на 400 мест, главный спортзал, библиотека, стойка регистрации и кафетерий, расположены в центре и непосредственно примыкают к вестибюлю. Здесь создана благоприятная среда и визуальная связь между общими пространствами. Фасады школы “Heights” выполнены из белого кирпича, что соответствует предшествующей школе и местной застройке квартала, которые были выполнены из похожих материалов [3] (рис. 3).

Школа искусства, дизайна и медиа в Сингапуре (2009 г.) тоже обладает зеленой крышей, которая наклонена почти под углом 45 градусов. Крыша Школы искусств, дизайна и средств массовой информации, образованная двумя наклонными, сужающимися дугами, которые пересекаются с третьей, меньшей дугой, была выполнена из ребристого железобетона. Внутренний центральный двор миндалевидной формы образован между двумя главными ветвями здания и

отражается во внутренних фасадах навесных стен с двойным остеклением. Здесь расположен пруд с фонтанами и «плавающей» платформой для выступлений. Он охлаждает центральное общественное пространство в жарком климате. Зеленые крыши – это не только эстетическая особенность, она одновременно служит живописным открытым общим пространством и поддерживает низкую температуру окружающей среды, снижает перегрев в дневное время [4] (рис. 4). Авторы применяют высокие технологии, экономят на затратах на освещение, охлаждение и в то же время создают зеленый оазис, соединяя природу с архитектурой.

Детский сад Хана, построенный в 2021 году по проекту архитектурной фирмы *ISON* в городе **Инчон (Ю. Корея)** расположен в новом районе города вблизи дорожной эстакады. По замыслу автора проекта, детский сад должен функционировать как микрокосм района, как маленький городок. Эта идея воплощается благодаря композиционной и пространственной структуре. Здание детского сада имеет модульную планировку, где каждая комната имеет выход к своему дворику. Офисная зона и детские комнаты разделены многофункциональными зонами для проведения занятий, игр или мероприятий. Крыша выполнена в виде множества наклоненных плоскостей, покрытых газоном. Это придает детскому саду образ холмов, характерных для данного региона и грамотно интегрирует детский сад в пространство с близлежащей аллеей. Внутри здания потолок имеет волнистую структуру, создавая умиротворяющую обстановку. Мансардные окна позволяют проникать свету в помещения с низкой естественной освещенностью [5] (рис. 5).

Детский сад «Детский лес» в г. Готемба (Япония), арх. Такасигэ Ямасита, 2023 г. (для детей от 0 до 5 лет) построен на лесном холме недалеко от горы Фудзи в окружении деревьев. Архитекторов привлекла топографическая особенность местности – лесной массив и холмистость склона с возвышениями на 3-4 метра. Объект выполнен из примыкающих друг к другу кубических объемов, где располагаются комнаты для разных возрастных групп детей и комнаты воспитателей. Эти кубики располагаются на разной высоте и под разными углами, создавая хаотичную непринужденную среду. Комнаты соединяются внутренним двором с деревянным настилом, образуя локальный ландшафт, где дети могут играть в более комфортных и безопасных условиях.

Крыша выполнена в виде наклонных плит-лепестков (своя для каждого объема), которые могут сдвигаться, что позволяет создавать дополнительные световые проемы и пропускать солнечные лучи внутрь пространств. Здание детского сада выполнено из дерева, что позволяет ликвидировать диссонанс между природой и архитектурой, объединяя их, что делает теплую и здоровую среду, стирая границы [6] (рис. 6).

Начальная школа иностранных языков “Fushan Tangcheng” в Шанхае, арх. Чан Су, Чуньхуэй Тан, 2022 г., в дизайне которой архитекторы ориентируются на детские чувства, психологию, чтобы создать более свободное и естественное удобное пространство для детей. Шанхайская начальная школа иностранных языков “Fushan Tangcheng” расположена на пересечении двух улиц в новом районе. Проект включает в себя учебные и офисные корпуса, соединенные одним общим дворовым пространством, над которым располагается сеть переходов между корпусами и которое преобразуется в огромное общее пространство, создавая полуоткрытый кампус. Переходы образуют общественное

**К СТАТЬЕ М. Ю. БОЛГОВА «ЗЕЛЕНАЯ» АРХИТЕКТУРА
НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ»**

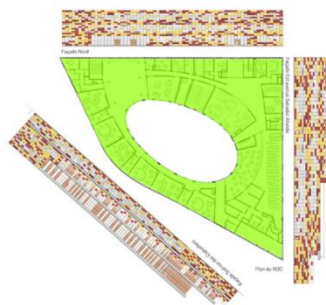


Рис. 1. Школа Бобиньи (Пригород Парижа, Франция). *Mikou studio*, 2012 г.

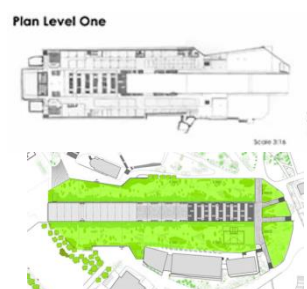


Рис. 2. Женский университет Ихва (Сеул, Ю. Корея). Доминик Перро, 2008 г.

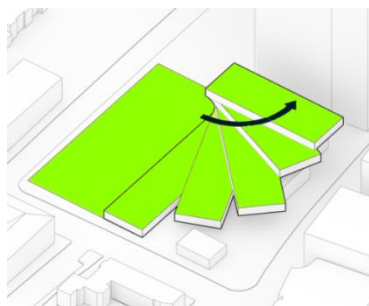


Рис. 3. Школа "The Heights Building" (США). Арх. бюро *BIG*, 2022 г.



Рис. 4. Школа искусства, дизайна и медиа (Сингапур). *Nanyang Technological University*, 2009 г.



Рис. 5. Детский сад Хана, Инчон (Южная Корея), арх. бюро *Ison*, 2021 г.



Рис. 6. Детский сад “*Children’s Forest*” (Готемба, Япония). Арх. *Takashige Yamashita Office*, 2023 г.



Рис. 7. Начальная школа иностранных языков “*Fushan Tangcheng*” (Шанхай). Арх. *Huajian Group Shanghai Architectural Design & Research Institute*, 2022 г.

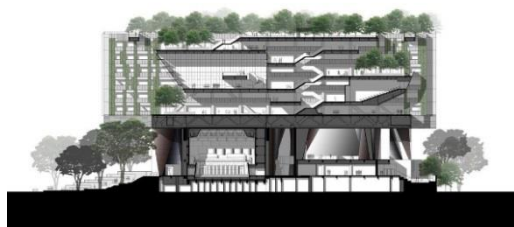


Рис. 8. Школа искусств (Сингапур). *WONA*, 2010 г.



пространство для учащихся, позволяя им в перерывах между учебой проводить там время. Эта конструкция подобно паутине придает легкость данному архитектурному сооружению, пропуская сквозь себя солнечный свет на дворовую часть пространства через круглую сетку-перфорацию, также позволяя проникать свету внутрь сети переходов. Второй этаж является общественным местом под открытым небом, представляющим собой сад на крыше, где преобладают зеленые насаждения. Композицию корпусов составляют прямые геометрические формы. Фасады зданий имеют ярко выраженные вертикальные и горизонтальные членения, но положительный диссонанс привносит как раз пространство с переходами, выполненное из кривых линий, поднятое на колоннах над землей, создавая необычную структуру, привлекающую внимание [7] (рис. 7).

Школа искусств в Сингапуре, арх. бюро WOHA, 2010 г. представляет собой гибрид специализированной средней школы искусств и центра театрального искусства, расположенный в тропическом центре Сингапура. Школа искусств в Сингапуре обеспечивает безопасную и разнообразную комфортную среду для обучения, но и для развлечения публики. В подиуме находятся: музыкальный зал, драматический театр, несколько неформальных пространств для концертных выступлений. Вдоль внешней крытой аллеи расположены магазины, а под кронами больших деревьев создан большой общественный амфитеатр. Учебные блоки спроектированы с естественной вентиляцией, между блоками имеются оранжереи. Сады на верхних этажах препятствуют притоку тепла, обеспечивают тенистые места для отдыха на свежем воздухе и игровые площадки, а зеленые фасады защищают от бликов и пыли, сохраняют прохладу в классах и гасят шум транспорта. Эти внутренние и наружные пространства с комфортным микроклиматом позволяют группам людей взаимодействовать и отдыхать, не покидая безопасной среды школы [8] (рис. 8). Архитекторы стремятся не превращать город в каменные джунгли, но в огромный тропический сад. Они максимально используют зеленые насаждения, много внимания уделяют экологическим аспектам.

Таким образом, можно констатировать, что «зеленая» архитектура приобретает все большую популярность у зодчих новейшего времени и находит применение в различных типах архитектурных зданий и сооружений, в том числе учебно-образовательных. Использование «зеленых» методов и принципов при проектировании школ, университетов позволяет продемонстрировать плюсы данного направления. Так как учебные заведения являются местом повседневного пребывания людей, «зеленая» архитектура удачно дополняет данный тип общественных зданий. Главным приемом в настоящее время является использование озелененных крыш и террас, формирование внутренних дворовых пространств с зелеными насаждениями. Это создает благоприятную среду для обучения, творчества и отдыха, снижая утомляемость и стрессовую составляющую обучения. Можно заметить, что зеленые террасы и крыши в странах с жарким климатом становятся дополнительным рекреационным пространством для проведения занятий, наряду с классными комнатами, за счет интегрирования их в планировочную структуру. «Зеленые» крыши и террасы увеличивают функциональное насыщение учебных зданий и сооружений посредством организации там садов, оранжерей, огородов или зон отдыха, беговых и прогулочных дорожек, что благоприятно сказывается на эмоциональном фоне. Так как образовательные здания в основном предназначены



для детей дошкольного, школьного возраста и студентов, то применение принципов «зеленой» архитектуры помогает лучшей адаптации к окружающему пространству, улучшая самочувствие и повышая чувство комфорта, что благополучно сказывается на успеваемости. «Зеленая» архитектура учебно-образовательных зданий и сооружений призвана стереть грань между природной и техногенной средой для извлечения большей пользы для здоровья и комфорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mikoustudio. – URL: <http://mikoustudio.com/projects/school-complex-and-leisure-center-g-valbon> (дата обращения: 25.06.2022).
2. Dominique Perrault. – URL: https://www.perraultarchitecture.com/en/projects/2459-ewha_womans_university.html (дата обращения: 25.06.2022).
3. BIG Architects. – URL: <https://big.dk/projects/the-heights-school-3104> (дата обращения: 25.06.2022).
4. Greenroofs. – URL: <https://www.greenroofs.com/projects/nanyang-technological-university-ntu-school-of-art-design-and-media-adm> (дата обращения: 25.06.2022).
5. ISON Arch. – URL: <https://www.isonarch.com/%EB%B3%B5%EC%A0%9C-trevari> (дата обращения: 25.11.2021).
6. Takashige Yamashita Office - Access mode. – URL: <https://www.tksymst.com/home-en> (дата обращения: 25.06.2022).
7. Arch daily. Huajian Group Shanghai Architectural Design & Research Institute. – URL: https://www.archdaily.com/993380/shanghai-fushan-tangcheng-foreign-language-primary-school-peide-campus-huajian-group-shanghai-architectural-design-and-research-institute?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 25.06.2022).
8. WOHA architects. – URL: <https://woha.net/project/school-of-the-arts-singapore> (дата обращения: 25.06.2022).

BOLGOV Mikhail Yurevich, postgraduate student of the chair of architectural design

“GREEN” ARCHITECTURE BY THE EXAMPLE OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS ABROAD

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia, Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: korbol@list.ru

Key words: architecture, "green" architecture, nature, educational institutions, ecoarchitecture.

The article gives a brief analysis and identifies characteristic features and concepts of “green” design in the architecture of educational buildings and structures in world practice: “green” kindergartens, schools and universities that implement the idea of natural integration in architecture.

REFERENCES

1. Mikoustudio. – URL : <http://mikoustudio.com/projects/school-complex-and-leisure-center-g-valbon> (data obrashcheniya: 06/25/2022).



2. Dominique Perrault – URL : https://www.perraultarchitecture.com/en/projects/2459-ewha_womans_university.html (data obrashcheniya: 06/25/2022).
3. BIG Architects. – URL: <https://big.dk/projects/the-heights-school-3104>. (data obrashcheniya: 25.06.2022).
4. Greenroofs. – URL: <http://www.greenroofs.com/projects/nanyang-technological-university-ntu-school-of-art-design-and-media-adm>. (data obrashcheniya: 25.06.2022).
5. ISON Arch. – URL: <https://www.isonarch.com/%EB%B3%B5%EC%A0%9C-trevari>. (data obrashcheniya: 11/25/2021).
6. Takashige Yamashita Office. – URL: <https://www.tksgymst.com/home-en> (data obrashcheniya: 25.06.2022).
7. Arch daily. Huajian Group Shanghai Architectural Design & Research Institute. – URL : https://www.archdaily.com/993380/shanghai-fushan-tangcheng-foreign-language-primary-school-peide-campus-huajian-group-shanghai-architectural-design-and-research-institute?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (data obrashcheniya: 06/25/2022).
8. WOHA architects. – URL: <https://woha.net/project/school-of-the-arts-singapore> (data obrashcheniya: 06/25/2022).

© М. Ю. Болгов, 2024

Получено: 08.02.2024 г.



УДК 725.826

А. В. РАЗУМОВ, аспирант кафедры архитектурного проектирования¹,
ст. преп. кафедры архитектуры и дизайна²

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ ПРИЕМОВ РЕОРГАНИЗАЦИИ КРУПНЫХ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»

Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68. Тел.: (927) 17-15-007;
эл. почта: razumov.arch@gmail.com

Ключевые слова: спортивные сооружения, футбольные стадионы, реорганизация, архитектурно-планировочные приемы, экоустойчивость.

Рассмотрена задача актуализации и внедрения в архитектурную науку приемов архитектурно-планировочной реорганизации крупных спортивных объектов в связи с рядом факторов, таких как трансформация функций в процессе цикла эксплуатации объекта, необходимость адаптироваться к будущим изменениям. Возможности трансформации могут быть заложены в проектируемые объекты принципами экоустойчивой архитектуры.

В мировой архитектурной практике XX – первой четверти XXI вв. крупные спортивные сооружения в результате развития технологий и быстрой смены потребностей общества претерпевают серьезные изменения, связанные с трансформацией функции. Ряд факторов, таких как необходимость адаптироваться к новейшей парадигме многофункциональности, стремление к взаимодействию объекта и среды, возникновение предпосылок создания спортивно-развлекательных кластеров вокруг стадионов, ставит задачу разработать архитектурно-планировочные приемы реорганизации крупных спортивных сооружений и внедрить их в архитектурную науку.

Актуальность поставленной задачи связана с необходимостью решать вопросы адаптации реконструированных и созданных к чемпионату мира по футболу 2018 стадионов в России к условиям режима наследия, описанной в Концепции наследия чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года, утвержденной распоряжением президента Российской Федерации от 24 июля 2018 года № 1520-р. Концепцией определяются основные направления использования футбольных стадионов, тренировочных площадок, временных строений и сооружений после завершения чемпионата мира. Крупные спортивные мероприятия международного уровня оставляют после себя архитектурное наследие в виде объектов архитектуры, комплексов сооружений, значимой градостроительной инфраструктуры. Архитектурно-планировочные приемы реорганизации крупных спортивных сооружений XX – первой четверти XXI вв. становятся востребованными по причине ряда факторов. Приемы их реорганизации должны



следовать целям, поставленным в Национальных проектах России: «Жилье и городская среда», «Экология», «Туризм и индустрия гостеприимства», «Демография».

Значительная роль при этом отводится исследованию архитектурных особенностей арен, их потенциалу к адаптивности и трансформации в организации архитектурного пространства. В целях эффективной эксплуатации объектов наследия возможно рассматривать их использование с сохранением прежней функции – детско-юношескими спортивными школами по футболу для учебно-тренировочного процесса, а также для проведения спортивных соревнований – матчей Профессиональной футбольной лиги, Футбольной национальной лиги, Российской футбольной Премьер-лиги, международных футбольных матчей. Следует рассмотреть стратегии эксплуатации объектов наследия с принесением новых функций – для спортивных, торговых, развлекательных, культурных и других мероприятий.

Спортивные стадионы в условиях их реконструкции и приспособления под различные культурно-зрелищные функции связаны и с национальным проектом «Культура», т. к. они должны быть включены в программу развития культурной инфраструктуры России и будут способствовать обеспечению доступности к этим объектам всех граждан.

Спортивные сооружения как используемые по своему первоначальному назначению, так и после реорганизации должны быть безопасны и комфортны, отвечать основным принципам устойчивого развития территории. Сохранение исторического наследия является важным аспектом в формировании гуманной среды стадионов. Для проектирования экоустойчивого стадиона важно учитывать связь архитектуры и окружающей природы [1]. Своевременная реорганизация стадионов позволяет создавать многофункциональные пространства, способные адаптироваться к различным потребностям. Реорганизация способствует эффективному использованию стадионов, созданию комфортных условий для зрителей и посетителей, а также уменьшению негативного влияния на окружающую среду. Важным вопросом является благоустройство прилегающих к стадионам территорий, которые используются под многотысячные автостоянки и технические зоны. Данную проблему стоит решать за счет создания подземных многоуровневых стоянок, а территорию превращать в зеленую рекреационную зону. При проведении реконструктивных мероприятий важно использование принципов экоустойчивости, способных улучшить качество окружающей среды на разных уровнях с целью способствовать оздоровлению россиян. Экоустойчивая архитектура играет важную роль в решении ряда экологических проблем, поставленных в Национальном проекте «Экология», связанных деятельностью человека и урбанизацией.

Экологизация архитектуры – технология защиты окружающей среды, которая в процессах проектирования, строительства, эксплуатации основывается на применении современных зеленых стандартов (*LEED, BREAM, DGNB, GREEN ZOOM, CAP-СПЗС*) [2]. В России концепция экоустойчивого развития нашла отражение в проекте умный устойчивый город. Он предполагает комплексно развивать территории с помощью инновационных технологий, что будет создавать предпосылки для экономического развития, повышения уровня жизни, улучшения благоустройства и качества оказания услуг населению, удовлетворению их настоящих и будущих экономических, социальных,



культурных, экологических потребностей. Технологический аспект устойчивой архитектуры основывается на использовании солнечной энергии, сборе дождевой воды для дальнейшего потребления, проектировании зеленых фасадов для фильтрации воздуха. В совокупности применяемые технологии позволяют создать архитектуру, которая будет взаимодействовать с окружающей средой.

Строительство и эксплуатация спортивных сооружений оказывают серьезное влияние на экологию. Поддержание комфортных условий для болельщиков, обеспечение работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха увеличивают выбросы парниковых газов. Строительство стадионов требует затрат больших объемов материалов, добыча и производство которых приводят к истощению природных ресурсов. Необходимость удаления строительного мусора после завершения проекта ставит новые задачи по управлению отходами. На сегодняшний день в России перерабатывается 5-10 % от общего числа отходов строительства.

На стадии проекта необходимо формировать экоустойчивый стадион, который будет сохранять ресурсы и снижать негативное воздействие на среду за счет инновационных технологий и материалов. Минимизируют негативное влияния объекта на экологию следующие инженерные технологии и решения:

- использование эффективных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, которые позволяют минимизировать потребление энергии и снизить выбросы парниковых газов;
- установка и ввод в эксплуатацию источников возобновляемой энергии: солнечных панелей, ветряных турбин, геотермальной энергии;
- сбор и повторное использование дождевой воды, система фильтрации для очистки сточных вод;
- строительство из экологически чистых и перерабатываемых строительных материалов;
- сортировка строительных материалов с целью уменьшения объемов неиспользуемого мусора, правильная переработка или утилизация отходов.
- проектирование ландшафта с использованием местных растений, создание зон рекреации для посетителей;
- стимулирование использования общественного транспорта за счет создания для них удобных парковочных мест и велопарковок;
- установка систем мониторинга и управления, которые позволяют отслеживать и оптимизировать потребление энергоресурсов и др.

Сохранение архитектурного наследия является одним из важных факторов в формировании экоустойчивого стадиона, обеспечивая охрану окружающей среды. Перспективным приемом организации архитектурной среды стадионов является развитие функциональных взаимосвязей внутреннего и внешнего пространств футбольной арены. Реконструкция сооружения – один из способов сохранения исторического наследия с возможностью реставрации фасадов и архитектурных деталей, добавления современных элементов, соответствующих функциональности стадиона, пример – стадион «Лужники», Москва, Россия. Сооружение реконструировали к Чемпионату мира по футболу 2018 года, полностью трансформировав спортивное ядро и трибуны, сохранив исторический фасад стадиона (рис. 1).

Архитектурно-пространственная трансформация – второй подход к сохранению исторического наследия. Она предлагает функциональные изменения

**К СТАТЬЕ А. В. РАЗУМОВА «АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ
АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ ПРИЕМОВ РЕОРГАНИЗАЦИИ
КРУПНЫХ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ»**



Рис. 1. Стадион «Лужники», Москва, Россия

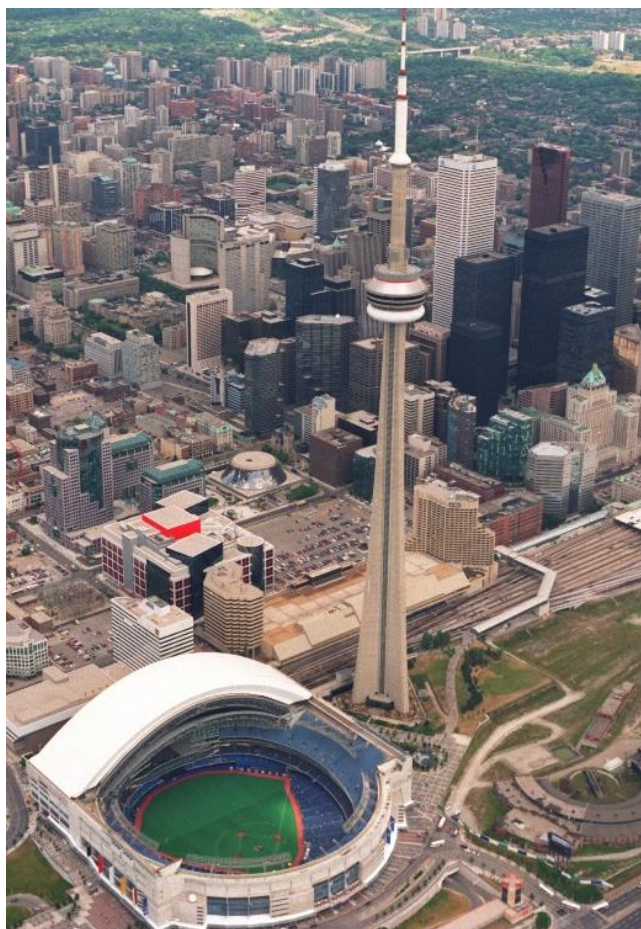


Рис. 2. Роджерс Центр (ранее Скайдом), Торонто, Канада

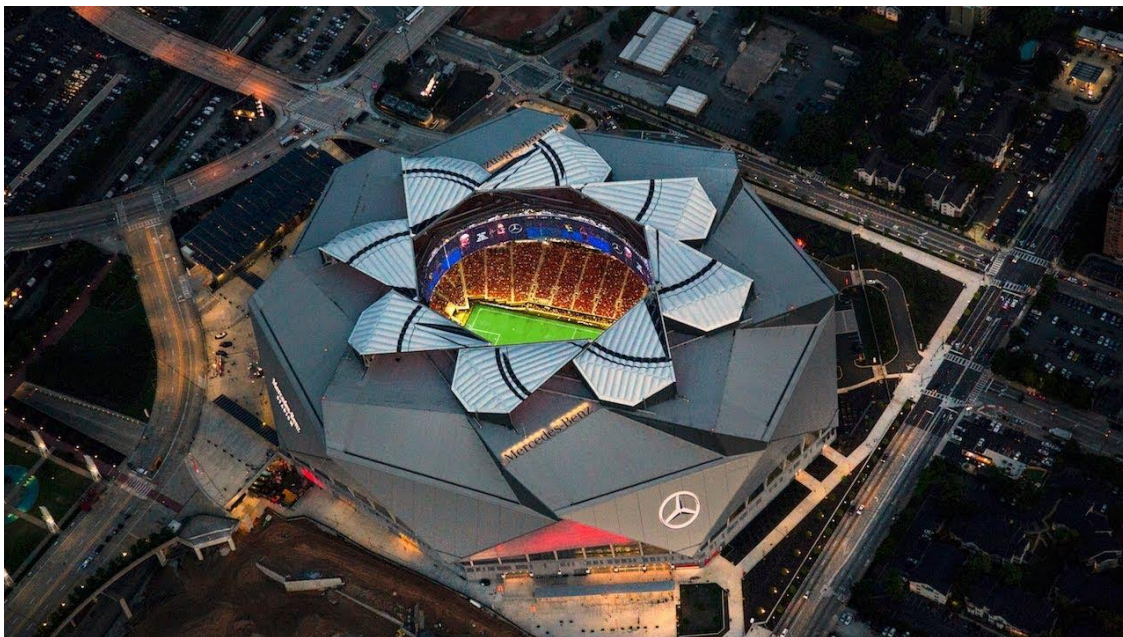


Рис. 3. Стадион «Мерседес-Бенц», Атланта, США

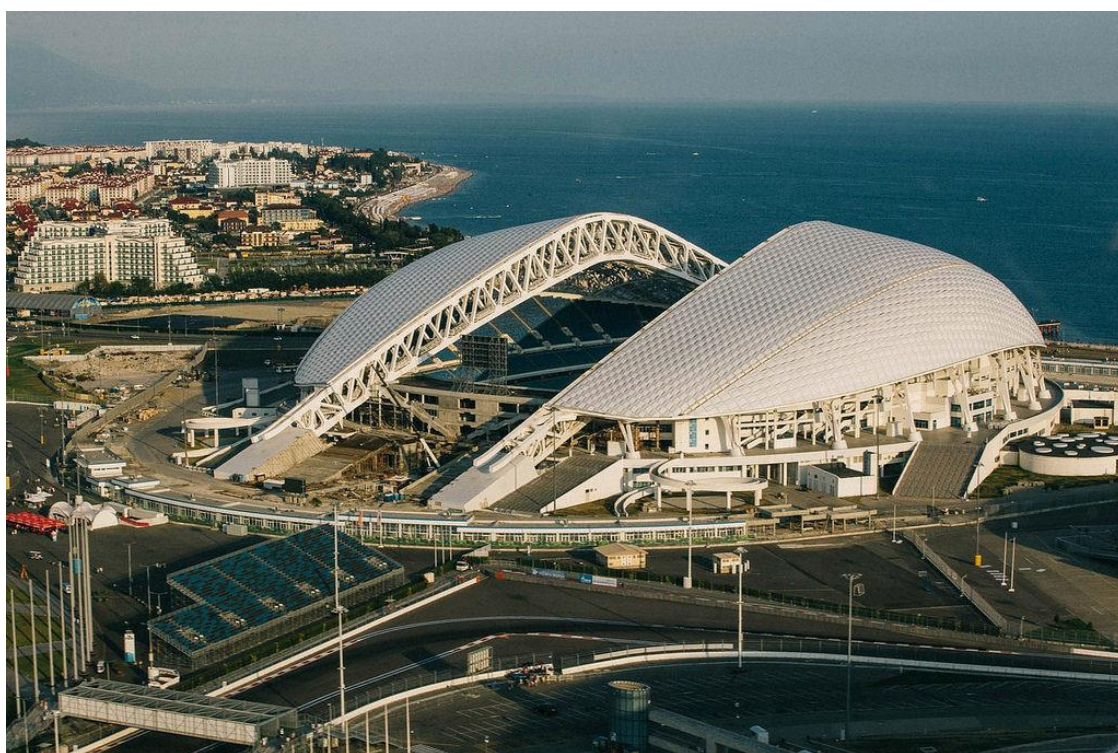


Рис. 4. Стадион «Фишт», Сочи, Россия



территории, адаптируя под новые функции окружающее пространство. Роджерс Центр в Торонто служит примером трансформирующихся спортивных сооружений с раздвижной кровлей (рис. 2). Примером трансформации спортивного ядра является стадион «Птичье гнездо» в Пекине, Китай [3]. Он вмещает в себя футбольное поле, трансформирующееся в арену для легкой атлетики, площадки для регби и художественной гимнастики.

Взаимосвязь архитектуры и природы – важный принцип проектирования экоустойчивого сооружения. Потребность человека находиться в гуманной среде во взаимодействии с природой создает аспекты взаимосвязи стадиона с окружающей средой [4]. Подражание природе в формообразовании и оформлении фасадов, взаимодействие с рельефом, применение природных материалов и использование инновационных технологий может снизить негативное воздействие на экологию. Уважение к месту проектирования предполагает, что стадионы должны вписываться в окружающее пространство и соблюдать региональные особенности места. Это осуществимо за счет использования местных материалов и строительных технологий, сохранения природных ресурсов и экосистем вокруг объекта.

Инженерно-техническое оснащение является важной составляющей концепции многофункционального стадиона. Передовые системы освещения, управления, звука и видеотрансляций позволяют легко адаптировать стадион к разным видам мероприятий в сфере культуры и развлечений. Многофункциональность способствует эффективному использованию спортивных сооружений, позволяет оптимизировать и сокращает сроки реализации проектов реконструкции и строительства новых объектов.

Зарубежным примером энергоэффективного стадиона является арена «Мерседес-Бенц», Атланта, США (рис. 3). Сооружение имеет платиновую сертификацию *LEED*. Особенность стадиона – раздвижная крыша, оснащенная системой солнечных батарей, благодаря которым она потребляет меньше энергии. Большепролетные конструкции стадиона спроектированы для эффективного использования технологии сбора дождевой воды, сокращая нагрузку на водоснабжение. Стадион «Фишт» в Сочи, построенный для Зимних Олимпийских игр 2014 года, является примером энергоэффективного сооружения в отечественной практике, получил сертификат *BREAM* (рис. 4). Стадион оснащен солнечными панелями, системой управления энергопотреблением и сбора дождевой воды. Экологическая адаптация в соответствии с ключевыми принципами зеленой архитектуры и устойчивого развития определит будущие направления формирования архитектурной среды футбольных стадионов.

Особенности формирования стадионов как крупных общественных пространств – создание элементов благоустройства для разных городских сообществ, большие детские зоны, прогулочные площадки вокруг стадиона и взаимосвязи с окружающими объектами ландшафтного или природного контекста. Принципы, заложенные в концепцию экоустойчивой архитектуры, находят отражение в формировании архитектурно-планировочных приемов реорганизации крупных спортивных сооружений XX – начала XXI вв. В будущем количество зеленых стадионов, спроектированных с учетом адаптивности, будет расти. Построенные и эксплуатируемые стадионы с помощью внедрения приемов реорганизации смогут обновить диапазон функциональных возможностей. Благодаря им в спортивных сооружениях смогут гибко учитываться меняющиеся



потребности общества. Архитектурно-планировочная реорганизация сможет продлить активную жизнь стадионов, привнося новые функции и возможности для будущей эксплуатации.

Учитывая масштаб исследуемых объектов – футбольных стадионов, реорганизация может осуществляться по трем основным направлениям:

- с сохранением первоначальной спортивной функции;
- с частичной утратой первоначальной спортивной функции;
- с полной утратой первоначальной спортивной функции.

Структурный анализ каждого исследуемого объекта, классификация принципиальных моделей и четкость деления по типологическим признакам позволит эффективно раскрыть возможности архитектурно-планировочной реорганизации крупных спортивных сооружений XX – первой четверти XXI вв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляр, И. М. Экологические основы архитектурного проектирования : учебное пособие для студенческих учреждений высшего профессионального образования / И. М. Смоляр, Е. М. Микулина, Н. Г. Благовидова. – Москва : Академия, 2010. – 160 с. – ISBN 978-5-7695-5884-9. – Текст : непосредственный.
2. Есаулов, Г. В. Устойчивая архитектура – от принципов к стратегии развития / Г. В. Есаулов. – Текст : непосредственный // Вестник ТГАСУ. – 2014. – № 6. – С. 9–23.
3. Moritz, K. Documentation: National stadium in Peking: National Stadium in Beijing / K. Moritz // Detail Konzept. – 2008. – № 7/8. – P. 3–11.
4. Красильникова, Э. Э. Ландшафтный урбанизм. Теория – практика. Часть I. Научные и практические основы ландшафтного урбанизма / Э. Э. Красильникова. – Волгоград : Областные вести, 2015. – 156 с. – ISBN 978-5-9905642-4-4. – Текст : непосредственный.

RAZUMOV Andrey Valerevich, postgraduate student of the chair of architectural design¹, senior teacher of the chair of architecture and design²

THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL AND PLANNING TECHNIQUES FOR THE REORGANIZATION OF LARGE SPORTS FACILITIES

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

²Ogaryov National Research Mordovian State University
68, Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Russia.

Tel.: +7 (927) 17-15-007; e-mail: razumov.arch@gmail.com

Key words: sports facilities, football stadiums, reorganization, architectural and planning techniques, environmental sustainability.

The article considers the task of actualization and introduction into architectural science of architectural and planning reorganization techniques for large sports facilities due to a number of factors, such as the transformation of functions in the process of the object operation cycle, the need to adapt to future changes. The transformation possibilities can be incorporated into the designed objects by the principles of eco-sustainable architecture.



REFERENCES

1. Smolyar I. M., Mikulina E. M., Blagovidova N. G. *Ekologicheskie osnovy arkhitekturnogo proektirovaniya* [Ecological fundamentals of architectural design]: ucheb. posobie dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. prof. obrazovaniya. Moscow : Akademiya, 2010. 160 p. – ISBN 978-5-7695-5884-9.
2. Esaulov G. V. *Ustoychivaya arkhitektura – ot printsipov k strategii razvitiya* [Sustainable architecture - from principles to development strategy] / Vestnik TGASU [Journal of Construction and Architecture]. 2014. № 6. P. 9–23.
3. Moritz K. *Documentation: National stadion in Peking: National Stadium in Beijing / Detail Konzept*. 2008. № 7/8. P. 3–11.
4. Krasilnikova E. E. *Landshaftny urbanizm. Teoriya – praktika. Chast 1. Nauchnye i prakticheskie osnovy landshaftnogo urbanizma* [Landscape urbanism. Theory - practice. Part I. Scientific and practical foundations of landscape urbanism] / Volgograd: Oblastnye vesti, 2015. – 156 p. – ISBN 978-5-9905642-4-4.

© **А. В. Разумов, 2024**

Получено: 19.03.2024 г.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

УДК 721.011:628.9.021

Л. Н. ОРЛОВА, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры архитектурного проектирования

СТРУКТУРА ГОДОВЫХ ПОЛЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: orludm.orlova@yandex.ru

Ключевые слова: радиационный режим территорий, годовые дозы облучения, классификация зданий по экранирующей способности фасадов, зоны области экранирования.

Проведено исследование структуры годовых полей облучения территорий. Произведен компьютерный расчет и моделирование, а также проанализированы годовые поля эффективного облучения территорий и выявлены особенности их формирования вокруг зданий различных геометрических параметров и ориентации.

Распределение годовых доз на территории, прилегающей к зданию, является результатом сезонного изменения суточных полей прямого и рассеянного облучения в оптическом диапазоне спектра [1, 2]. Установлено, что в годовых циклах нивелируются сезонные различия в областях незначительного экранирования и четче выявляются закономерности формирования геометрической структуры поля в областях существенного экранирования. Поэтому именно годовые поля облучения наиболее представительно характеризуют радиационный режим, причем в условиях ясного небосвода годовые поля суммарного облучения, а при наличии облачности, в связи с увеличением симметрии распределения количества облучения, реальная картина приближается по своей структуре к полю рассеянной радиации при ясном небосводе [1, 2, 3].

Поля облучения удобно характеризовать в относительных единицах по степени экранирования территории [2]:

$$\eta = 1 - H_M / H_0,$$

где η – степень экранирования; H_M – годовая доза облучения в точке М экранируемой территории; H_0 – годовая доза облучения открытой территории.

Рассмотрим более подробно структуру полей. Величина и конфигурация поля экранирования вокруг здания произвольной ориентации определяется линейной комбинацией полей от прямоугольных экранов-фасадов здания [4]. Экранирующая способность фасада определяется его относительной длиной l/h (l – длина, h – высота фасада). Все здания в зависимости от l/h можно подразделить на три группы: 1) башенного типа ($l/h < 1$); 2) средней протяженности ($1 \leq l/h < 3$) и 3) протяженные ($l/h \geq 3$) [2].

Вместе с тем область экранирования можно разделить на три зоны по степени экранирования: а) малого ($\eta < 0,3$); б) среднего ($0,3 \leq \eta < 0,5$)



и в) большого ($\eta \geq 0,5$). Целесообразно выделить зону существенного экранирования ($\eta \geq 0,3$), в пределах которой происходит значительное снижение H .

Произведен компьютерный расчет и моделирование, а также проанализированы годовые поля вокруг зданий различных геометрических параметров и ориентации. Анализ показал, что закономерности формирования годового поля при изменении геометрических параметров зданий в принципе аналогичны отмеченным ранее [4, 5] закономерностям формирования структуры суточных полей. При уменьшении l/h поле стремится к предельному состоянию для $l/h = 0$, т. е. к структуре поля бесконечной вертикальной полосы [2, рис. 1б цв. вклейки], а при увеличении l/h приближается к полю бесконечно протяженной полосы, т. е. поля вырождаются в плоскопараллельные [2, рис. 1а цв. вклейки]. Структура поля от здания конечных размеров занимает промежуточное положение между двумя предельными [2, рис. 1в цв. вклейки]. Причем, чем больше η , тем быстрее происходит переход поля в одно из предельных состояний. Для зоны существенного экранирования такими предельными значениями являются $l/h = 0,5$ и $l/h = 3$. Для зоны малого экранирования принятие тех же значений в качестве предельных вносит незначительную погрешность ($\leq 5\%$) в определение размеров зоны экранирования при $l/h < 0,5$ и $l/h \geq 3$ [2].

Анализ показал, что качественная картина распределения прямого H_p , рассеянного H_r и суммарного H_c практически не зависит от широты, а определяется лишь геометрическими параметрами и ориентацией фасадов здания. Влияние геометрических параметров на структуру годовых полей раскрыто в [2]. Поэтому остановимся подробнее на вопросе о влиянии ориентации фасадов на режим облучения прилегающей к ним территории.

Распределение H_p существенно зависит от ориентации фасадов. Качественные различия здесь обусловлены азимутальной неравномерностью поступления солнечной радиации на открытом горизонте. Градиент снижения H_p уменьшается по мере отклонения угла ориентации фасада от северной ($\alpha = 0^\circ$). При этом у фасадов, ориентированных на северную половину горизонта, распределение H_p характеризуется постепенным нарастанием градиента снижения лишь в зоне малого экранирования, тогда как в зоне существенного экранирования он достигает некоторой постоянной величины (рис. 1 а,г цв. вклейки). При ориентации фасадов на южные секторы горизонта нарастание градиента снижения происходит постепенно по всей области экранирования. Очевидно, что в количественном отношении облучение территории у фасадов различной ориентации не равноценно. H_p возрастает от 0 до 50 % H_p на открытом горизонте при увеличении α от 0° до 90° и соответственно от 50 до 100 % при изменении α от 90° до 180° . Территории у фасадов диагональной ориентации по условиям облучения занимают промежуточное положение между С (Ю) и В (З). Так, территории вблизи фасадов с $\alpha = 135^\circ$ получают 75–80 % от $H_{p,уф}$ и 74–77 % от $H_{p,инт}$ на открытом горизонте (УФ – ультрафиолетовая, инт – интегральная радиация). Соответственно при $\alpha = 45^\circ$ – 25 – 20 % от $H_{p,уф}$ и 26 – 23 % от $H_{p,инт}$. Причем большие значения поступлений H_p относятся к южным широтам. Отсюда разница в H_p облучении территории у противоположных фасадов возрастает от 0 у В (З), 50–60 % при ($\alpha = 135^\circ$ – 45°) до 100 % у С (Ю).

Картина распределения H_r отличается от H_p большей простотой и характеризуется постепенным нарастанием градиента снижения в направлении

фасадов любой ориентации (рис. 2 цв. вклейки). Структура полей H_p мало зависит от ориентации фасадов. Так, разница в $H_{p,уф}$ облучения территории при изменении угла ориентации α от 0 до 180° не превышает 10–12 %. Увеличение азимутальной неравномерности распределения $H_{p,инт}$ приводит к возрастанию различий в облучении территории при изменении угла ориентации α фасадов. Однако эти различия не велики и составляют 13–15 % при увеличении α от 0 до 90° . Более существенны различия в $H_{p,инт}$ у противоположных фасадов, достигающие 20 % у зданий диагональной и 30 % у зданий широтной ориентации.

Как уже отмечалось выше, структура полей H_c определяется вкладом прямой и рассеянной составляющих и характеризуется постепенным нарастанием градиента снижения H_c при приближении к фасаду (рис. 3–4 цв. вклейки). В отличие от полей H_p территории у северных фасадов зданий широтной ориентации получают 27–29 % от $H_{c,уф}$ и 15–25 % от $H_{c,инт}$ на свободном горизонте. Это приводит к снижению разницы в облучении противоположных фасадов до 46–42 % для $H_{c,уф}$ и 70–50 % для $H_{c,инт}$. Для зданий диагональной ориентации относительное увеличение H_c по сравнению с H_p составляет 10–15 % от $H_{c,уф}$ и 4 % от $H_{c,инт}$. Разница в облучении противоположных фасадов снижается до 30 % у $H_{c,уф}$ и 40–46 % у $H_{c,инт}$.

Анализ показал [2, рис. 2 цв. вклейки], что несмотря на различия в спектральном составе излучения, относительные распределения $H_{p,уф}$, $H_{p,инт}$ и $H_{c,уф}$ справедливы и для биологически активной эритемной и бактерицидной радиации. При этом бактерицидный эффект в условиях открытого горизонта в основном определяется УФ радиацией, причем ведущую роль играет рассеянная радиация. Этот важный в практическом отношении вывод позволил в дальнейшем исследовать поля $H_{уф}$, а выявленные закономерности распространить на $H_{эр}$ и $H_{бакт}$. Относительное распределение всех видов радиации в видимой области занимает промежуточное положение между распределениями $H_{уф}$ и $H_{инт}$.

Наряду с различиями в качественной картине облучения территорий H_p и H_c , не менее существенными являются количественные различия. Учет только прямой составляющей дает превратное представление о величине H облучения фасадов и территорий. Так, на $\varphi = 55^\circ$ с. ш. энергетический потенциал точки поля, получающей 50 % H (В–З фасады), фактически занижается в 2,5 раза для УФ радиации и в 1,3 раза для интегральной. Более того, как видно из таблицы, учет суммарной интегральной радиации вместо прямой равносителен угловому повороту фасада на $50\text{--}40^\circ$ в зависимости от широты местности, а для биологически активной и УФ радиации – на $120\text{--}135^\circ$ в южном направлении.

**К СТАТЬЕ Л. Н. ОРЛОВОЙ «СТРУКТУРА ГОДОВЫХ ПОЛЕЙ
ОБЛУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ»**

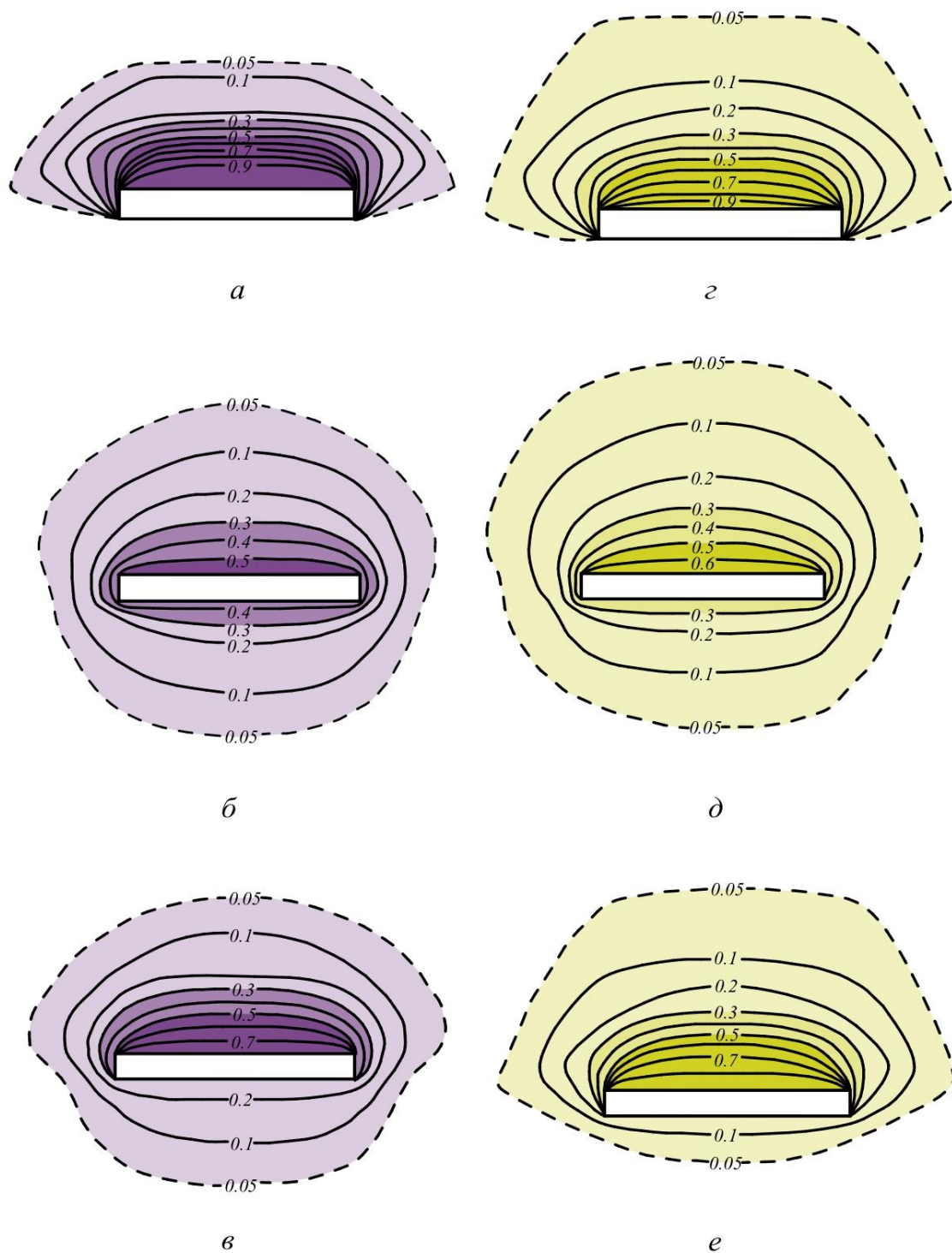


Рис. 1. Годовые поля $H_{п,уф}$ (а), $H_{р,уф}$ (б), $H_{с,уф}$ (в) и $H_{п,инт}$ (г), $H_{р,инт}$ (д), $H_{с,инт}$ (е) облучения территории вокруг протяженных зданий широтной ориентации ($\varphi = 55^\circ$ с. ш.)

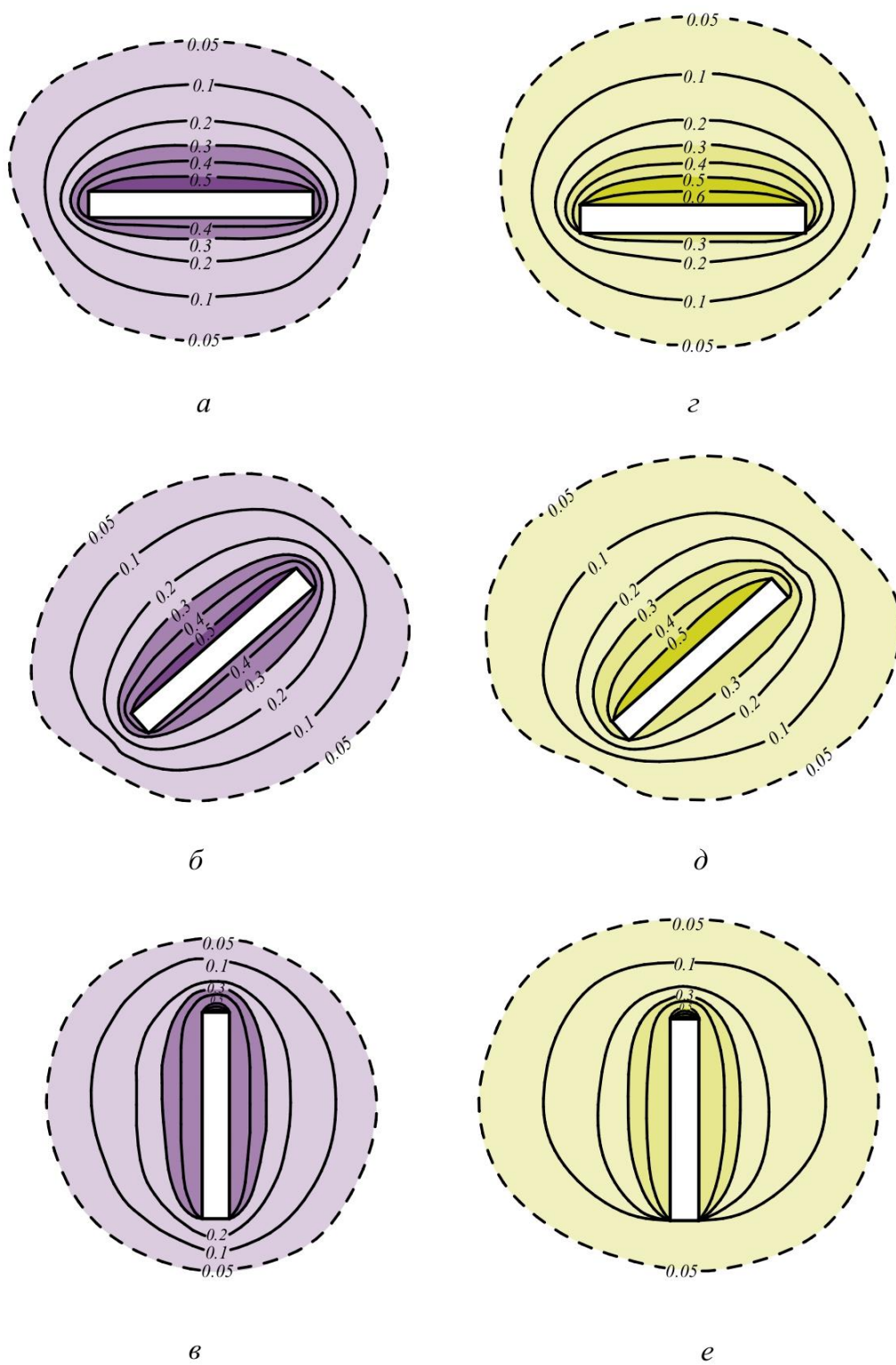


Рис. 2. Годовые поля $H_{p,уф}$ (а-в) и $H_{p,инт}$ (г-е) облучения территории ($\varphi=55^\circ$ с. ш.) вокруг протяженных зданий ($l/h = 3$): а, г – широтной; б, д – диагональной и в, е – меридиональной ориентации

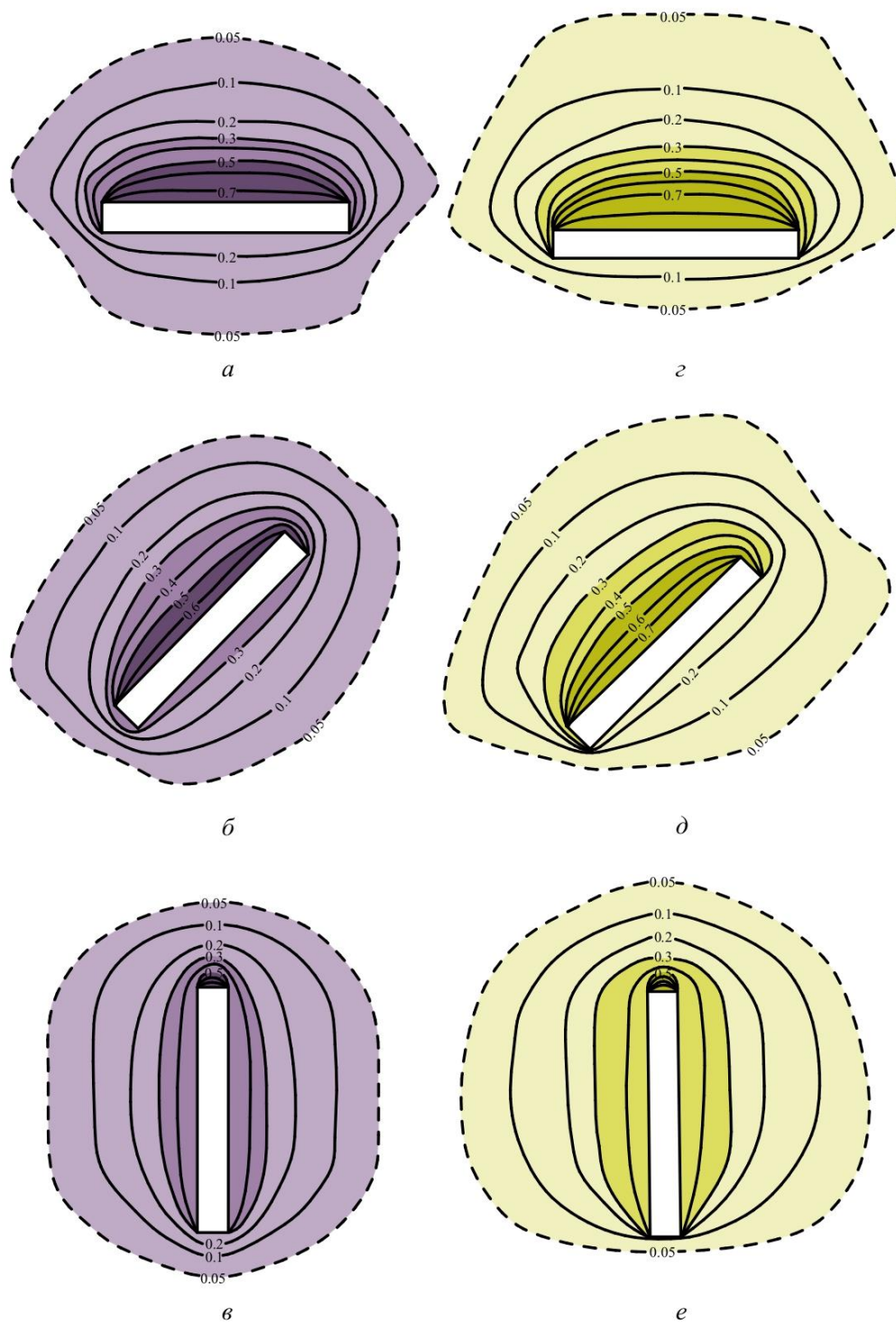


Рис. 3. Годовые поля $H_{с,уф}$ (а–в) и $H_{с,инт}$ (z–e) облучения территории ($\varphi=55^\circ$ с. ш.) вокруг протяженных зданий ($l/h = 3$): а, z – широтной; б, d – диагональной и в, e – меридиональной ориентации

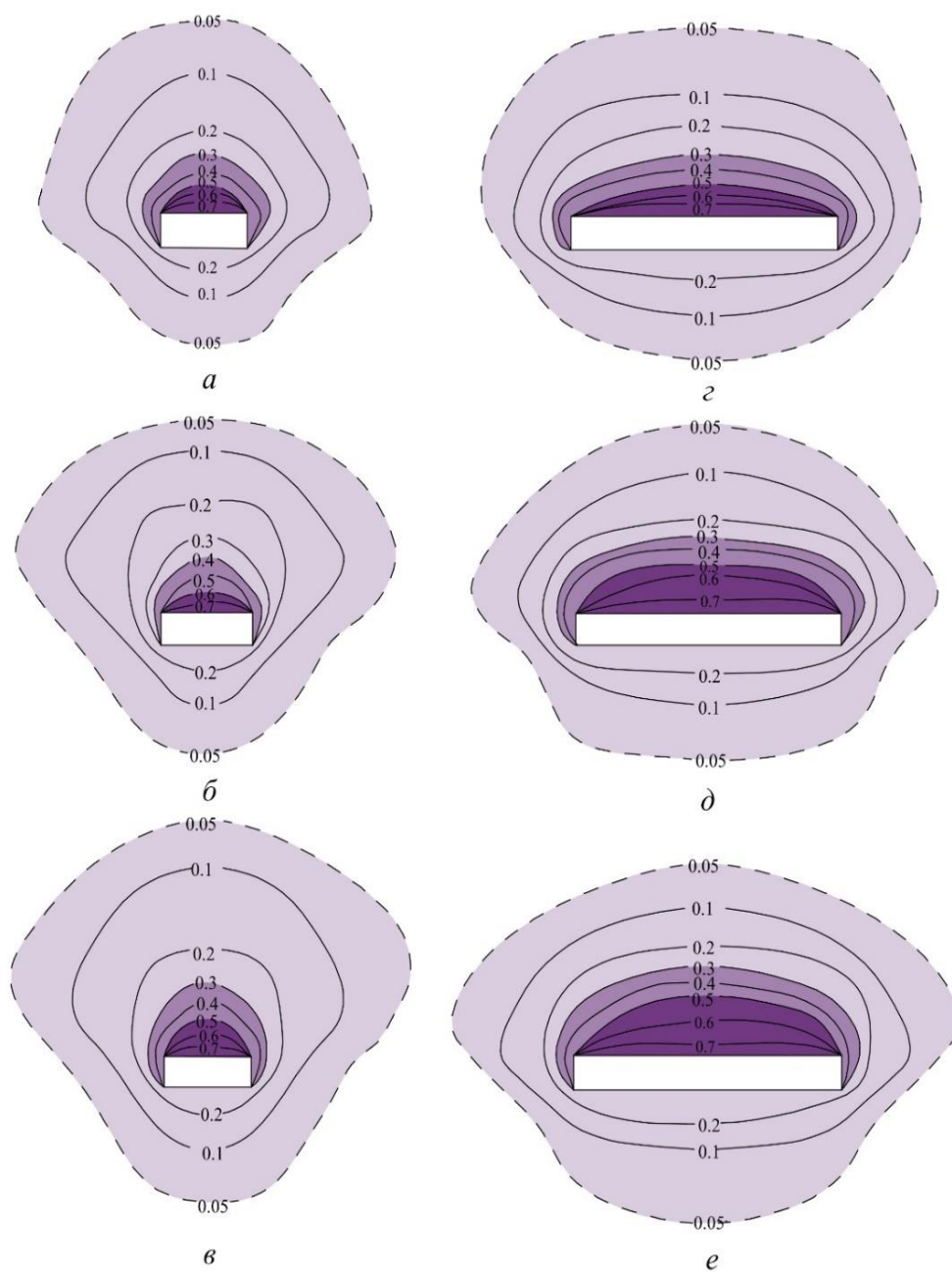


Рис. 4. Годовые поля $H_{с,уф}$ облучения территории вокруг башенных (а-в) и протяженных (г-е) зданий широтной ориентации: на южных $\varphi = 35^\circ$ с. ш. (а, г), средних $\varphi = 55^\circ$ с. ш. (б, д) и северных $\varphi = 65^\circ$ с. ш. (в, е) широтах



**Сравнение возможных поступлений H_c и H_n на территорию
у различно ориентированных фасадов**

Широта φ, градус	Годовые дозы облучения H , кВт·ч/м ²					
	$H_{уф}$			$H_{инт}$		
	H_n ($\alpha = 90^\circ$)	H_c ($\alpha = 0^\circ$)	H_c/H_n , %	H_n ($\alpha = 45^\circ$)	H_c ($\alpha = 0^\circ$)	H_c/H_n , %
35	31,15	35,9	115,2	455,5	541,5	118,8
45	24,60	30,4	123,5	372,8	364,6	98,0
55	18,25	25,3	138,6	255,2	232,5	91,0
65	12,75	19,6	153,7	209,5	187,3	89,4

Таким образом, относительные поля любой энергетической (монохроматической, интегральной) или эффективной (световой, бактерицидной, ФАР – физиологически активной и т. п.) облученности, создаваемые в пространствах застройки излучением неба при любых состояниях атмосферы и ее облачного покрова, имеют одинаковую зональную структуру, определяемую геометрическими параметрами застройки, и различаются только зональным градиентом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлова, Л. Н. Основы формирования световой среды городской застройки: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Л. Н. Орлова ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2006. – 441 с. – Текст : непосредственный.
2. Орлова, Л. Н. Экранирующая способность зданий / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний. Новгород, 2023. – № 1. – С. 231–237.
3. Орлова, Л. Н. Режим эффективного облучения территорий в годовых циклах / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 4. – С. 179–182.
4. Бахарев, Д. В. Методы расчета и нормирования солнечной радиации в градостроительстве : специальность 05.00.00 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бахарев Деомид Вениаминович ; Научно-исследовательский институт строительной физики. – Москва, 1968. – 218 с. – Текст : непосредственный.
5. Marti, H. Der Schattenwurf von Gebauden [Тенеобразование от зданий] / H. Marti // Schurizerische Bauzeitung. – 1952. – № 29. – P. 407–412.



ORLOVA Lyudmila Nikolaevna, doctor of technical sciences, associate professor, professor of the chair of architectural design

STRUCTURE OF ANNUAL IRRADIATION FIELDS OF THE BUILT-UP AREA

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia, Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

Key words: radiation regime of territories, annual doses of irradiation, classification of buildings by shielding ability of facades, zones of shielding area.

The article is devoted to the study of the structure of annual irradiation fields of territories. Computer calculation and modeling were performed, as well as the annual fields of effective irradiation of territories were analyzed, and the features of their formation around buildings of various geometric parameters and orientation were revealed.

REFERENCES

1. Orlova L. N. Osnovy formirovaniya svetovoy sredy gorodskoy zastroyki [Fundamentals of the formation of the light environment of urban development]: dis. ... d-ra tekhn. nauk: Nizhegor. gos. arkhит.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod. 2006, 441 p.
2. Orlova L. N. Ekraniruyushchaya sposobnost zdany [Shielding capacity of buildings] / Privolzhsky nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod. –2023. – № 1. – P. 231–237.
3. Orlova L. N. Rezhim effektivnogo oblyucheniya territoriy v godovykh tsiklakh [The regime of effective irradiation of territories in annual cycles] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2021. – № 4. – P. 179–182.
4. Bakharev D. V. Metody raschyota i normirovaniya solnechnoy radiatsii v gradostroitelstve [Methods of calculation and rationing of solar radiation in urban planning]: spetsialnost 05.00.00 : dis. ... cand. tekhn. nauk. – Moscow : Nauchno-issledovat. un-t stroit. fiziki, 1968. 218 p.
5. Marti H. Der Schattenwurf von Gebauden [Shade formation from buildings] // Schurizerische Bauzeitung. 1952. № 29. P. 407–412.

© Л. Н. Орлова, 2024

Получено: 16.01.2024 г.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА. ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

УДК 004.42: 692.44

К. А. ЛАХОВ¹, магистрант по направлению программной инженерии;
А. Я. ЛАХОВ², канд. техн. наук, доц. кафедры информационных систем и технологий

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОКОНТУРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОГО 3D-ФОРМАТА

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»

603022, г. Н. Новгород, просп. Гагарина, д. 23, корп. 1; эл. почта: kirill.9992@gmail.com

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-47-71; эл. почта: alakhov99@nngasu.ru

Ключевые слова: геодезические оболочки, методы разбивок геодезических оболочек, треугольник Мебиуса, библиотека параметрических объектов ArchiCAD, автономная программа разбивки на Java, визуализация моделей геодезических оболочек во внешней программе.

Представлено описание методов разбивок геодезических оболочек. Первая группа методов – с использованием ручных расчетов, вторая – с использованием универсальных программных средств, третья – с использованием специализированного программного обеспечения, четвертая – с использованием библиотек параметрических объектов CAD систем. Использование библиотеки параметрических объектов CAD системы предполагает наличие определенной CAD системы у проектировщиков. Предложено реализовать автономную программу разбивки геодезических оболочек на языке Java с сохранением геометрических моделей во внешнем универсальном 3D-формате. В этом случае проектирование зданий и сооружений с геодезическими оболочками возможно выполнять в различных CAD системах. Обеспечивается также визуализация геометрических моделей геодезических оболочек во внешних программах.

Геодезические оболочки позволяют перекрывать большие пролеты без промежуточных опор и обладают высокой прочностью относительно веса и характеристик, используемых материалов [1, 2]. Геодезические оболочки основаны на разбивке сферической поверхности геодезическими линиями на треугольники Мебиуса с последующей разбивкой на более мелкие элементы. Эти элементы могут быть разной формы. Они формируют устойчивые конструкции. Некоторые виды разбивок приводят к формированию поверхности из преимущественно одинаковых элементов, что привлекательно с точки зрения технологии строительства.

Разбивка сферы сопряжена с решением сложных задач даже с использованием компьютеров. Существует большое разнообразие систем разбивок, которые исходят из разных предпосылок [3]. Некоторые типы разбивок были созданы для облегчения расчетов, другие – для достижения конструктивной эффективности, третьи – для соответствия техническим требованиям.



Клинтон [4] разделил системы разбивки на два класса: I класс (*alternate*), который характеризуется элементами сети, приблизительно параллельными сторонам базового треугольника, II класс (*triacon*), который характеризуется элементами сети, приблизительно перпендикулярными сторонам базового треугольника. Веннингер [5] описал класс III, который характеризуется элементами сети, образующими некоторый угол со сторонами базового треугольника. Эти системы разбивки, в свою очередь, могут быть созданы как методом равных хорд, так и методом равных дуг.

Реализация систем разбивок может быть осуществлена расчетами вручную. К этой группе работ относится статья Кавех А. и др. [6], в которой выполняется оптимальное проектирование топологии купола. В качестве предмета исследования используют ребристый купол, исходная конфигурация которого сформирована расчетом вручную. Севериано Дж. и др. [7] разрабатывают метод проектирования пространственных конструкций путем выбора точек на плоскости, когда заменяется евклидова геометрия двумерной плоскости эллиптической геометрией вращения/симметрии на сфере. Данный метод может быть применен и для геодезических структур. Сибер А. [8] рассматривает геометрию икосаэдральных геодезических куполов, теорема Эйлера используется для вычисления количества вершин, ребер и граней куполов. В техническом руководстве Кана Л. [9] приводятся наборы данных с размерами элементов и углами, полученными при разбивках геодезических куполов для различных частот разбиения. В статье Дэвиса Т [10] рассматривается математика, лежащая в основе геодезических куполов.

Разбивки могут быть выполнены с использованием универсального программного обеспечения. Романович А. и др. [11] рассматривают возможность установки настила, подвешенного к геодезическому куполу, для увеличения используемого пространства внутри купола. В качестве примера выполнено проектирование геодезического купола в системе расчета *LIRA-SAPR*. В статье Сардоне Л. и др. [12] выполняется оптимизация геодезического купола путем минимизации общего объема конструкции. Моделирование купола выполняется в *Grashoppers 3D*, визуализация – в *Rhinoseros 3D*.

Разбивки выполняют с использованием специализированных программ. В статьях Рупа М. и др. [13], Россо Д. и др. [14], Вронтисси М. [15] для моделирования геодезических куполов используется программа *CadreGeo*.

В ННГАСУ разработана библиотека параметрических объектов геодезических оболочек *GeoDome* [16–18] на основе *CAD* системы *ArchiCAD*. С ее помощью можно осуществить разбивку геодезических оболочек разных классов. Однако они написаны на языке *GDL*, встроенном в *ArchiCAD*, то есть для их использования необходима система *ArchiCAD*. Если имеются другие системы проектирования, то библиотека *GeoDome* не применима.

Данная проблема может быть решена с помощью разработки автономной программы разбивки геодезических оболочек и сохранения полученных геометрических моделей геодезических оболочек в некотором универсальном 3D-формате. В этом случае проектирование возможно выполнять в различных *CAD* системах, например, в отечественном *NanoCAD*. Данная работа посвящена проблеме проектирования и разбивки геодезических оболочек с использованием различных *CAD* систем.

Метод разбивки геодезических оболочек

Начнем построение геодезической оболочки с додекаэдра. Вычислим центры 12 пентагонов. Эти центры сформируют икосаэдр. Выполним проецирование ребер икосаэдра на описанную сферу. В результате на поверхности сферы образуются 20 треугольников Мебиуса. В углах треугольников Мебиуса разместим пентагоны. Вдоль сторон треугольников Мебиуса разместим гексагоны. Внутри треугольника Мебиуса также разместим гексагоны.

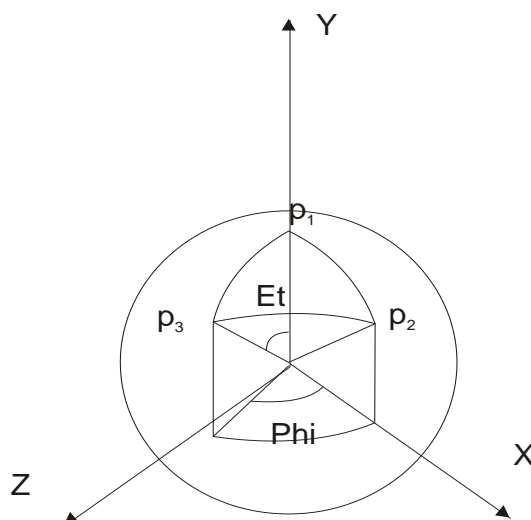


Рис. 1. Системы координат ОСК и ССК

Создадим ортогональную систему координат ОСК и соответствующую сферическую систему координат ССК. Начало системы находится в центре описанной сферы. Координаты P.1 и P.2 известны – это координаты вершин икосаэдра. Определим центральный угол, соответствующий дуге P.2–P.1. Решим сферический треугольник Мебиуса.

Вдоль стороны треугольника Мебиуса лежат многоугольники (в углах – пентагоны, остальные – гексагоны). Вычислим параметры пентагонов и гексагонов.

Вычислим координаты точек, лежащих на первой стороне треугольника Мебиуса. Из предыдущего этапа известны координаты точек в сферической системе координат ССК ($\Phi = 0$, $E_t = \sum \alpha_i$). Пересчитаем их координаты в прямоугольную систему координат ОСК.

Координаты точек, лежащих на второй стороне треугольника Мебиуса, в сферической системе координат, известны $E_t = \sum \alpha_i$, $\Phi = A$. Необходимо их пересчитать в прямоугольную систему координат.

Вычислим координаты точек, лежащих на третьей стороне треугольника Мебиуса. Длина дуги между точками P.1 и P.3 известна. Также известны параметры многоугольников. Построим отрезок P.1 – P.3. Найдем приращения координат (разницу между координатами точек P.3 и P.1). Вычислим приращения прямоугольных координат проекций точек на отрезок P.1 – P.3 и далее – прямоугольные координаты точки. В результате получим координаты точки на поверхности описанной сферы. Проведем такие расчеты для всех точек вдоль третьей стороны треугольника Мебиуса.

Вычислим координаты точек внутри треугольника Мебиуса. Сначала надо вычислить сферические координаты внутренних точек I сектора треугольника Мебиуса.

Для этого решим сферические треугольники (см. рис. 2а). Далее надо вычислить их декартовы координаты.

Для определения координат внутренних точек II сектора треугольника Мебиуса необходимо выполнить отражение точек I сектора относительно плоскости XOZ и поворот на 72° относительно оси Y . Аналогичным методом (используя симметрию и вращение) вычислим внутренние точки сектора III треугольника Мебиуса. В результате будут вычислены все внутренние точки первого треугольника Мебиуса.

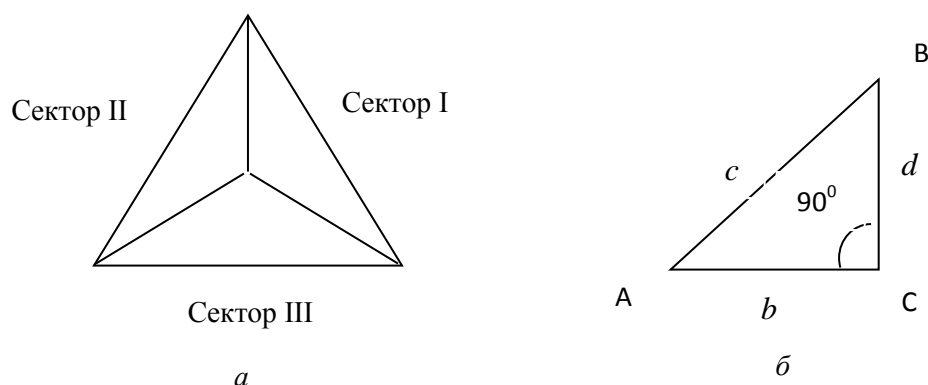


Рис. 2. Вычисление внутренних точек: а – треугольник Мебиуса; б – решение прямоугольного сферического треугольника

Для вычисления координат треугольников Мебиуса 1-го уровня воспользуемся симметрией базового многогранника – икосаэдра. 1-й уровень состоит из 5 граней, повернутых друг относительно друга на 72° . Координаты точек 1-го треугольника Мебиуса вычислены. Для получения координат остальных треугольников Мебиуса 1-го уровня достаточно повернуть координаты 1-го треугольника Мебиуса вокруг оси OY на 72° несколько раз.

Для получения координат точек треугольников Мебиуса 2-го и 3-го уровней воспользуемся аналогичным методом (используя симметрию и вращение). Получим координаты точек треугольников Мебиуса 2-го и 3-го уровней.

В результате получим координаты вершин элементов всей геодезической оболочки. На основе данного метода разработана программа *CrisLab* расчета координат точек на языке программирования *Java*.

Реализация сохранения геометрической модели в X-формате

Формат сохранения 3D сцен должен решать две проблемы: сохранение объектов, составляющих сцену, и сохранение отношений между объектами [19]. В X-формате корпорации *Microsoft* эти особенности реализованы.

Алгоритм сохранения 3D-модели геодезической оболочки в X-формате содержит следующие этапы:

- 1) вывод заголовка файла *xof 0302txt 0064*;
- 2) вывод списка материалов *Material*;



3) вывод раздела сетки (количество сеток от 1 до 20 соответствуют треугольникам Мебиуса) состоит из заголовка сетки, количества вершин, координат вершин, количества полигонов, индексов вершин полигонов;

4) вывод подраздела нормалей состоит из заголовка нормалей, количества нормалей, координат вектора нормали, количества полигонов, индексов векторов нормалей;

5) вывод подраздела материалов состоит из заголовка материалов, количества полигонов, индексов материалов, соответствующих полигону, списка имен материалов.

В результате использования этого алгоритма был разработан дополнительный код для программы *CrisLab* на *Java*, с его помощью можно получить модели геодезических оболочек в виде файлов X-формата.

Результаты

Для системы проектирования и разбивки геодезических оболочек с использованием различных *CAD* систем была разработана программа *CrisLab* v.3.2. Она позволяет выполнить разбивку геодезической оболочки для базового многогранника – икосаэдра, класса II (triacon), частоты разбивки 4, 6, 8 заданного радиуса описанной. Также обеспечивается сохранение сформированной геометрической модели геодезической оболочки в виде файла X-формата для дальнейшей визуализации и интегрирования в проект здания или сооружения во внешней *CAD* системе. Для визуализации геометрических моделей геодезических оболочек была использована программа *Deep Exploration Evaluation* (рис. 3, 4).

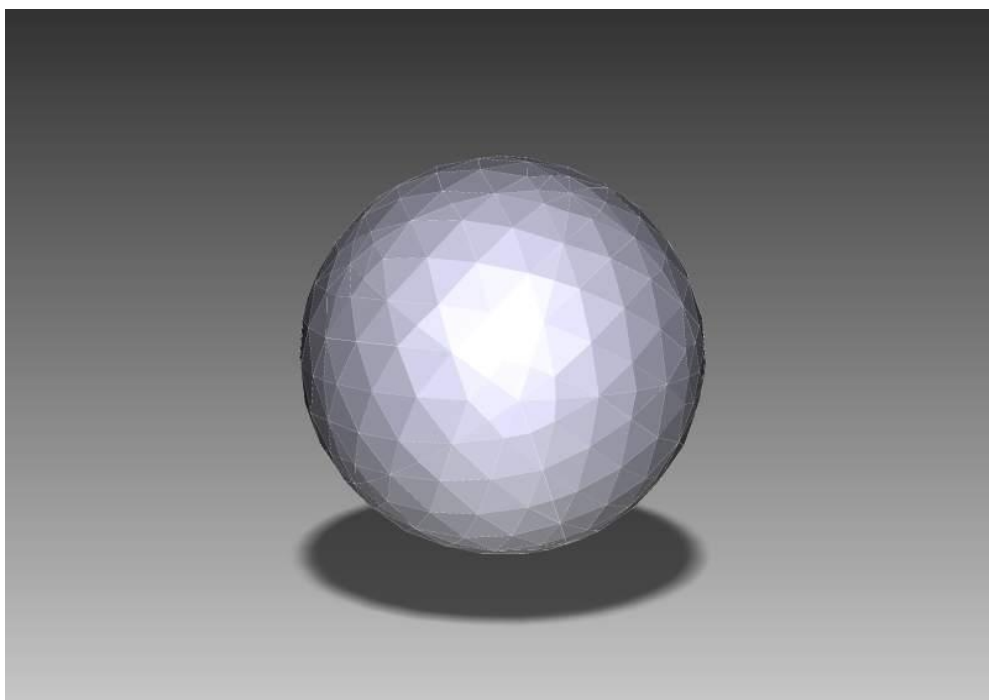


Рис. 3. 3D-модель геодезической оболочки в виде сферы (вариант разбивки 2, частота 6) – в программе *Deep Exploration Evaluation*

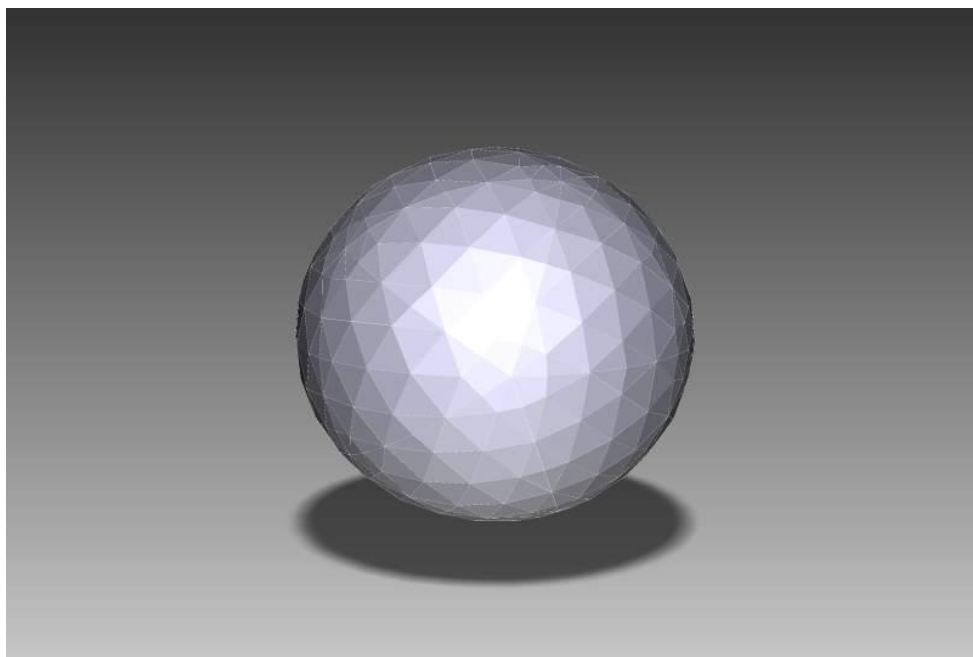


Рис. 4. 3D-модель геодезической оболочки в виде сферы (вариант разбивки 3, частота 8) – в программе *Deep Exploration Evaluation*

Выводы

В результате выполненных исследований вычислены координаты вершин граней, формирующих геодезическую оболочку, разработана программа на языке программирования *Java* для расчета координат вершин граней геодезических оболочек, реализована функция сохранения полученных геометрических моделей во внешнем 3D-формате, что позволило получить геометрические модели оболочек для дальнейшего импорта в *CAD* системы и визуализации во внешних программах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Туполев, М. С. Новый тип крытого тока / М. С. Туполев. – Текст : непосредственный // Колхозное право. – 1951. – № 6. – С. 5–6.
2. Fuller, R. B. Geodesic dome / R. B. Fuller // Perspecta. – 1952. – № 1. – P. 30–33.
3. Edward, S. Popko Divided Spheres. Geodesics and the Orderly Subdivision of the Sphere CRC Press Taylor & Francis Group / S. Edward. – 2012. – 511 p.
4. Clinton, J. D. Advanced Structural Geometry Studies. – Part I. – Polyhedral Subdivision Concepts for Structural Applications : NASA-CR-1734 : NASA / J. D. Clinton. – Washington. – 1971. – 121 p.
5. Wenninger, M. J. Spherical Models / M. J. Wenninger ; Cambridge University Press. – Cambridge, UK, 1979. – 208 p.
6. Kaveh, A. Topology and geometry optimization of single-layer domes utilizing CBO and ECBO / A. Kaveh, M. Rezaei ; Sharif University of Technology // Scientia Iranica. Transactions A: Civil Engineering Scientia Iranica A. – 2016. – № 23 (2). – P. 535–547.
7. Symmetry in Regular Polyhedra Seen as 2D Möbius Transformations: Geodesic and Panel Domes Arising from 2D Diagrams / Diaz-Severiano J. A., Gomez-Jauregui V., Manchado C, Otero C. // Symmetry. – 2018. – 10, 356 ; doi:10.3390/sym10090356. – P. 1–10.



8. Šiber, A. Icosadeltahedral Geometry of Geodesic Domes, Fullerenes and Viruses: A Tutorial on the T-Number / A. Šiber // *Symmetry*. – 2020. – № 12, 556 ; doi:10.3390/sym12040556. – P. 1–22.
9. Kahn, L. Domebook. 2. Pacific Domes / L. Kahn. – Bolinas, 1971. – 133 p.
10. Davis T. Geodesic Domes / T. Davis. – URL: tomrdavis@earthlink.net <http://www.geometer.org/mathcircles>. June 6, 2011.
11. Romanovich, A., Kleshcunov Y., Vlasov A. On potentiality and practicability of installing flooring suspended in geodesic domes by means of cable system / Romanovich, A., Kleshcunov Y., Vlasov A. // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. – 2019. – 687 (2019), 033025. – P. 1–9.
12. Generative Design Process and Optimization of Geodesic Dome with Variable Frequency / Sardone L., Rosso M. M., Melchiorre J., Pellegrino M. ; S. Gabriele et al. (Eds.) // *IWSS 2023, LNCE 437, 2024*. Springer Nature. – Switzerland, 2024. – P. 289–298.
13. Roopa M, Lakshmi K. B., Venugopal H. Dynamic Analysis of Geodesic Dome Structure / Roopa M, Lakshmi K. B., Venugopal H ; L. Nandagiri et al. (eds.) // *Sustainability Trends and Challenges in Civil Engineering : Lecture Notes in Civil Engineering 162*, Springer Nature, Singapore, 2022. – P 895–915.
14. Experimental and Numerical Study of a Geodesic Dome Under Static and Dynamic Loads and the Influence of Nodal Connections / Rossot D., Machado R.D., Barbieri N., de Lima K.F. // *Experimental Techniques*. – 2022. – № 46. – P. 823–834.
15. Vrontissi, M. K. Designing and building a geodesic dome as a bearing structure for an 'artificial sky' lighting installation *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) / M. K. Vrontissi, M. K. A. Domingo and C. Lazaro (eds.) // Symposium 2009, Valencia Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures*. Spain, 2009. – P. 1379–1390.
16. Лахов, А. Я. База данных GEOD библиотечных объектов ArchiCAD геодезических куполов / А. Я. Лахов. – Текст : непосредственный // 15 Российский архитектурно-строительного форум : труды научно-практической конференции, 16-19 мая 2017 г. / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2017. – С. 42-45.
17. Лахов, А. Я. Система проектирования и расчета геодезических куполов с открытой архитектурой : монография / А. Я. Лахов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Воронеж : Научная книга, 2015. – 150 с.
18. Лахов, А. Я. Применение библиотеки параметрических объектов GeoDome геодезических куполов в информационном моделировании зданий / А. Я. Лахов, К. А. Лахов. – Текст : непосредственный // *Строительство и техногенная безопасность*. – 2022. – № 25 (77). – С. 55–63.
19. Бурк, П. X формат / П. Бурк. – URL: <http://paulbourke.net/dataformats/directx/> (дата обращения: 12.03.2024). – Текст : электронный.



LAKHOV Kirill Andreevich¹, undergraduate student of direction «Software engineering»; **LAKHOV Andrey Yakovlevich², candidate of technical sciences, associate professor, the chair of information systems and technologies**

DESIGNING SINGLE-CONTOUR GEODESIC SHELLS USING A UNIVERSAL 3D-FORMAT

¹Lobachevsky National Research State University of Nizhny Novgorod
23, Gagarin Ave., bldg. 1, Nizhny Novgorod, 603022, Russia; e-mail: kirill.9992@gmail.com

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: (831) 433-47-71;
e-mail: alakhov99@nngasu.ru

Key words: geodesic shells, methods of breakdown of geodesic shells, Möbius triangle, ArchiCAD parametric object library, an autonomous Java of breakdown of geodesic shells program, visualization of geodesic shell models in an external program.

The article describes methods for the breakdown of geodesic shells. The first group of methods is using manual calculations, the second one is using universal software, the third one is using specialized software, the fourth one is using libraries of parametric objects of CAD systems. Using the library of parametric CAD system objects assumes that designers have a specific CAD system. It is proposed to implement an autonomous program for the breakdown of geodesic shells in Java with the saving of geometric models in an external universal 3D format. In this case, the design of buildings and structures with geodesic shells can be performed in various CAD systems. Visualization of geometric models of geodesic shells in external programs is also provided.

REFERENCES

1. Tupolev M. S. Novy tip krytogo toka [New type of covered shed]/ Kolkhoznoe pravo [Collective farm law]. – 1951. – № 6. – P. 5–6.
2. Fuller R. B. Geodesic dome / R. B. Fuller // Perspecta. – 1952. – № 1. – P. 30–33.
3. Edward S. Popko Divided Spheres. Geodesics and the Orderly Subdivision of the Sphere CRC Press Taylor & Francis Group 2012, 511 p.
4. Clinton J. D. Advanced Structural Geometry Studies. Part I: Polyhedral Subdivision Concepts for Structural Applications; NASA-CR-1734; NASA: Washington, 1971, 121 p.
5. Wenninger M. J. Spherical Models; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1979, 208 p.
6. Kaveh A, Rezaei M. Topology and geometry optimization of single-layer domes utilizing CBO and ECBO. Sharif University of Technology. Scientia Iranica. Transactions A: Civil Engineering Scientia Iranica A. – 2016. – № 23(2). P. 535–547.
7. Diaz-Severiano J. A., Gomez-Jauregui V., Manchado C., Otero C. Symmetry in Regular Polyhedra Seen as 2D Möbius Transformations: Geodesic and Panel Domes Arising from 2D Diagrams. Symmetry. 2018. – 10, 356; doi: 10.3390/sym10090356. P. 1–10.
8. Šiber A. Icosadeltahedral Geometry of Geodesic Domes, Fullerenes and Viruses: A Tutorial on the T-Number. Symmetry. 2020. № 12, 556; doi: 10.3390/sym12040556. P. 1–22.
9. Kahn L. Domebook 2. Pacific Domes, Bolinas, 1970. 133 p.
10. Davis T. Geodesic Domes. – URL: tomrdavis@earthlink.net [http:// www.geometer.org/mathcircles](http://www.geometer.org/mathcircles) June 6, 2011.
11. Romanovich A., Kleshcunov Y., Vlasov A. On potentiality and practicability of installing flooring suspended in geodesic domes by means of cable system. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – 687 (2019), 033025. P. 1–9.



12. Sardone L., Rosso M. M., Melchiorre J., Pellegrino M. Generative Design Process and Optimization of Geodesic Dome with Variable Frequency S. Gabriele et al. (Eds.): IWSS 2023, LNCE 437, 2024. Springer Nature. Switzerland. 2024. P. 289–298.
13. Roopa M, Lakshmi K. B., Venugopal H. Dynamic Analysis of Geodesic Dome Structure; L. Nandagiri et al. (eds.). Sustainability Trends and Challenges in Civil Engineering: Lecture Notes in Civil Engineering 162, Springer Nature, Singapore, 2022. P. 895–915.
14. Rossot D., Machado R. D., Barbieri N., de Lima K. F. Experimental and Numerical Study of a Geodesic Dome Under Static and Dynamic Loads and the Influence of Nodal Connections. *Experimental Techniques*. 2022. – № 46. P. 823–834.
15. Vrontissi M. K. Designing and building a geodesic dome as a bearing structure for an 'artificial sky' lighting installation *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS)*. A. Domingo and C. Lazaro (eds.). Symposium 2009, Valencia Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures 2009, Spain. P. 1379–1390.
16. Lakhov A. Ya. Baza dannykh GEOD biblioteknykh obektov ArchiCAD geodezicheskikh kupolov. [GEOD database of library objects ArchiCAD of geodesic domes] / 15 Rossiyskiy arkhitekturno-stroitelny forum : trudy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 16-19 maya 2017 g. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2017. – P. 42–45.
17. Lakhov A. Ya. Sistema proektirovaniya i raschyota geodezicheskikh kupolov s otkrytoy arkhitekturoy [System of design and analysis of geodesic domes with open architecture] : monografiya / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Voronezh : Nauchnaya kniga, 2015, 150 p.
18. Lakhov A. Ya., Lakhov K. A. Primenenie biblioteki parametricheskikh obektov GeoDome geodezicheskikh kupolov v informatsionnom modelirovanii zdaniy [Application of GeoDome Library of Geodesic Dome Parametric Objects in Building Information Modeling]. *Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost* [Construction and industrial safety]. 2022. № 25 (77). P. 55–63.
19. Bourke P. X format. URL: <http://paulbourke.net/dataformats/directx/> (data obrashcheniya: 12.03.2024).

© К. А. Лахов, А. Я. Лахов, 2024

Получено: 01.04.2024 г.



УДК 004.01:629.73

Е. А. ПЕЛИХ, аспирант; М. Ю. КУПРИКОВ, д-р техн. наук, зав. кафедрой инженерной графики

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт («Национальный исследовательский университет»)

Россия, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4. Тел.: (925) 853-12-73; эл. почта: personal@eapeliikh.ru

Ключевые слова: авиационная техника, эксплуатация, эксплуатационная документация.

Описаны алгоритмы взаимодействия инженерно-технического состава с эксплуатационной документацией на этапе эксплуатации авиационной техники. Предложен стандартный формат интерактивных цифровых моделей, применяемых в интерактивной эксплуатационной документации.

Проектирование авиационной техники в современных условиях выполняется с использованием т. н. «цифровых двойников», т. е. создания точной копии проектируемого летательного аппарата в виде 3D-модели. Применение таких моделей позволяет оптимизировать процесс проектирования и разработки нового летательного аппарата за счет сокращения издержек на постройку макетов для испытаний на прочность и построения схематичных изображений обтекания профиля летательного аппарата воздушным потоком. Помимо этого, цифровая модель может использоваться для выполнения необходимых расчетов сторонними организациями, что также является зачастую более целесообразным, чем содержание в организации постоянных подразделений, выполняющих такие расчеты.

Взаимодействие инженерно-технического состава (ИТС) с авиационной техникой на этапе эксплуатации происходит в рамках работ по регулярному техническому обслуживанию, а также работ по устранению неисправностей.

В первом случае, перед началом работ, ИТС проверяет номенклатуру работ в соответствии с руководством по эксплуатации (РЭ) и регламентом технического обслуживания (РТО) [1]. В регламенте технического обслуживания описан перечень технологических карт, которые необходимо выполнить. В руководстве по эксплуатации дано описание основных систем самолета и представлены сами технологические карты [2]. При обслуживании современных образцов авиационной техники применяется специализированное программное обеспечение. Документация является интерактивной, РТО и РЭ объединены, что позволяет инженерам и техникам получать доступ к технологическим картам напрямую из перечня работ. Однако непосредственно 3D-модели в таком программном обеспечении не применяются. При переходе к выполнению каждого следующего пункта из перечня работ инженер открывает программу, переходит на вкладку с технологической картой и действует в соответствии с описанным алгоритмом. В таких пособиях присутствуют ссылки на схемы, чертежи и другие технологические карты. После выполнения работы инженер отмечает это в программе.



Во втором случае, помимо описания систем для устранения неисправностей, может понадобиться доступ к чертежам и схемам на изделие и его системы [3]. В современных программных комплексах, обеспечивающих доступ к конструкторской документации, содержится перечень систем воздушного судна, комплектующих, входящих в эти системы, и принципиальные схемы работы систем. Доступ к чертежам конкретных систем или элементов планера представляется через «дерево», где каждый последующий элемент является составляющей элемента по иерархии на ступень выше. В таких программных комплексах также не предоставляется доступ к 3D-моделям в виде интерактивных элементов конструкторской документации.

На каждом из этапов, в рамках которого вновь создаваемое изделие существует в физическом виде как функционирующая техническая система необходимо обеспечивать его эксплуатацию и поддержание в исправном состоянии всех элементов его составных частей. Для этого представители эксплуатанта ИТС перед началом эксплуатации нового изделия проходят переобучение, включающее:

- 1) ознакомление с конструктивными особенностями изделия;
- 2) изучение взаимодействия составных элементов систем изделия;
- 3) изучение нового РТО на изделие, периодичность выполнения работ и их объем;
- 4) ознакомление с основными правилами применения контрольно-поверочной аппаратуры (КПА) и средств наземного обслуживания (СНО).

На каждом из этапов ИТС взаимодействует либо с макетом (или опытным образцом) изделия, либо с цифровой моделью, которая, в данном случае должна являться точной копией изделия в физическом виде. Оба способа могут применяться для различных целей. В целях первичного ознакомления с изделием, его системами и конструктивными особенностями, могут быть применены цифровые модели. Для отработки процесса эксплуатации изделия и получения практических навыков может применяться макет или опытный образец [4].

В различных компаниях также применяются программные комплексы, выбор которых обусловлен:

- 1) сложившейся в компании парадигмы удобства пользования конкретными образцами программного обеспечения (ПО);
- 2) партнерскими контрактами компании-эксплуатанта ПО и разработчика ПО;
- 3) современными общепринятыми стандартами, в соответствии с которыми создание цифровых моделей возможно только в конкретных образцах ПО.

Цифровые двойники могут также использоваться в эксплуатационной и ремонтной документации в виде наглядных пособий [5], представляющих из себя интерактивные 3D-модели, взаимодействие с которыми позволяет оперативно выявить необходимый ИТС индивидуальный идентификационный номер (ИИН) составного элемента изделия. Это может быть необходимо при выполнении ремонта определенных комплектующих или конструктивных элементов изделия, для чего требуется определить ИИН элемента с целью его дальнейшего поиска на складе либо заказа ремонтного комплекта.

В случае применения подхода к эксплуатации авиационной техники, в рамках которого операции по поддержанию изделия в исправном состоянии выполняет ИТС эксплуатанта, он может столкнуться с ситуацией, при которой



разрабатываемые 3D-модели в рамках эксплуатационной и ремонтной документации будут существенно отличаться друг от друга для каждого из образцов обслуживаемой авиационной техники. Процесс адаптации и обучения взаимодействию с новым способом визуализации изделия может привести к замедлению процесса выполнения ремонта или технического обслуживания. В связи с этим предлагается использовать стандартизированный подход, задающий требования к таким моделям и устраняющий возможность разного подхода к визуализации изделия.

Существующие стандарты [6] устанавливают общие требования к формату 3D-моделей, передаваемых между организациями, согласно которым:

- 1) при использовании обеими сторонами однотипных систем автоматизированного проектирования (САПР): в технических требованиях к формату 3D-моделей в договоре следует указывать версию программного обеспечения, параметры настройки (при необходимости), используемый формат;
- 2) при использовании предприятиями разных САПР рекомендуется использовать стандартизованные форматы или унифицированные форматы с указанием их спецификаций и необходимых параметров.

Эти требования ограничивают формат передачи данных, но не устанавливают ограничения на графическую форму таких моделей.

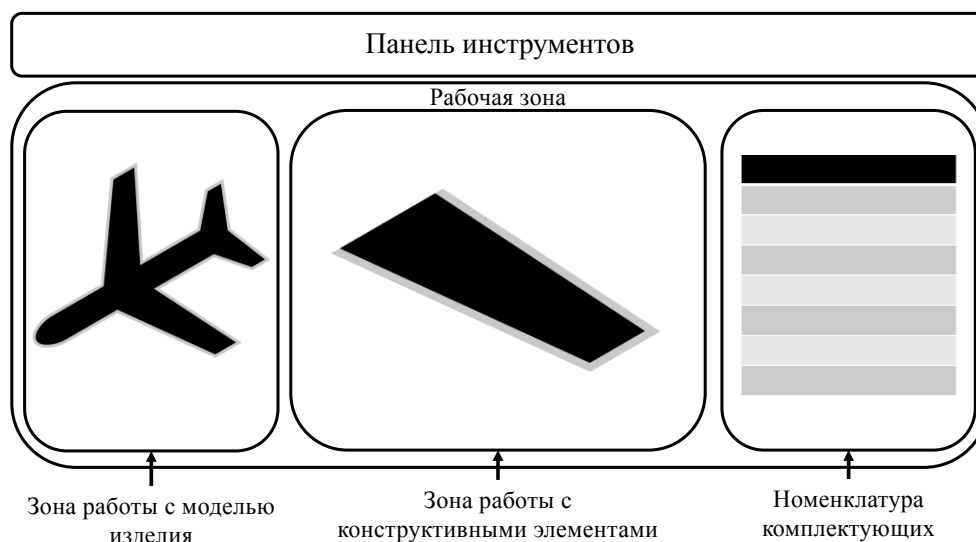
Общими требованиями к визуальной модели, применяемой в эксплуатационной и ремонтной документации, являются:

1. *Наглядность.* Требования по наглядности упрощают взаимодействие с цифровой моделью. Упрощение цифровой модели в рамках мощностей эксплуатанта и сложности изделия позволяют оперативно выявить необходимые области для дальнейшей работы.

2. *Информативность.* Выполнение требования по информативности обеспечивает детализацию цифровой модели и соответствие ее физической модели изделия. В таком случае ИТС получает полную информацию о рассматриваемом отсеке изделия, включая номенклатуру деталей, составляющих сборочные единицы, входящие в них стандартные изделия и их количество.

3. *Актуальность.* Актуальность модели может обеспечиваться различными способами. Доступ к эксплуатационной документации (ЭД) и ремонтной документации (РД) может предоставляться как к документу, находящемуся в базе данных разработчика. Каждый новый процесс запуска ЭД и РД инициирует загрузку копии актуальной версии документации, что предотвращает потенциальное взаимодействие ИТС с неактуальной версией ЭД и РД.

Один из примеров графической визуализации интерактивной ЭД и РД представлен на рисунке.



Распределение рабочего пространства при взаимодействии с цифровой моделью в рамках интерактивной ЭД и РД

Стандартизация визуализации интерактивной модели изделия в программных комплексах предполагает, что рабочее пространство разделено на блоки или рабочие зоны, отображение элементов в которых от самолета к самолету не отличается. В зоне работы с моделью оператор может взаимодействовать с укрупненной моделью изделия, получая доступ только к группам систем, изделий и составных частей планера воздушного судна. В зоне работы с конструктивными элементами происходит взаимодействие оператора с составляющими группы элементов, выбранной в зоне работы с моделью. При выборе конкретной модели или агрегата планера в зоне номенклатуры комплектующих появляется перечень входящих в модель изделий с их номерами. Над рабочей зоной находится панель инструментов, позволяющая обеспечить более удобное взаимодействие оператора с моделью изделия, «подсветить» или погасить определенные зоны модели и т. д.

Приведение интерфейса программных комплексов к единому стандартизированному визуальному формату упрощает работу оператора во время работ по техническому обслуживанию воздушного судна. Переход от самолета к самолету, работа с программными комплексами которых не отличается, снижает вероятность ошибки и уменьшает количество затрачиваемого на изучение нового интерфейса времени. Помимо этого, отсутствие потребности в переобучении работе с программным комплексом нового самолета также сокращает временные издержки на переподготовку к работе.

Реализация применения цифровой модели изделия может быть выполнена в рамках интерактивной эксплуатационной документации, созданной при помощи программных средств, обладающих наибольшими преимуществами по сравнению с другими доступными инструментами [7], а именно:

1. *Dr. Explain*, разработки ООО «Индиго», Россия;
2. *Help&Manual*, *EC Software GmbH*, Австрия;
3. *ClickHelp*, *ClickHelp LLC*, Россия;
4. *Doc-To-Help*, *MadCap Software, Inc.*, США.



Выводы:

1. Применение интерактивной эксплуатационной документации позволяет упростить взаимодействие инженерно-технического состава с документацией и получение номенклатуры комплектующих, составляющих сборочные единицы сложных технических систем и агрегатов.
2. Стандартизация интерфейса программных комплексов, обеспечивающих доступ к 3D-моделям, применяемым в такой документации, устраняет потенциальные различия между интерактивными пособиями при эксплуатации различных изделий и ускоряет поиск необходимых комплектующих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бедиллов, О. Т. Техническое обслуживание и ремонт воздушных судов / О. Т. Бедиллов, Б. Хайитов. – Текст : электронный // ORIENSS. – 2023. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskoe-obslyuzhivanie-i-remont-vozdushnyh-sudov/viewer>.
2. Далецкий, С. В. Графические модели процесса технической эксплуатации воздушных судов / С. В. Далецкий, С. С. Далецкий. – Текст : электронный // Научный вестник МГТУ ГА. – 2017. – Том 20, № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskie-modeli-protssessa-tehnicheskoy-ekspluatatsii-vozdushnyh-sudov/viewer>.
3. Халилова, П. Ю. К созданию автоматизированной системы мониторинга эксплуатации воздушных судов / П. Ю. Халилова. – Текст : электронный // Наука, техника и образование. – 2017. № 5 (35). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-sozdaniyu-avtomatizirovannoy-sistemy-monitoringa-ekspluatatsii-vozdushnyh-sudov/viewer>.
4. Сливицкий, А. Б. Обзор и анализ современных инструментов поддержки создания перспективной техники / А. Б. Сливицкий. – Текст : электронный // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. – 2022. – № 5-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-analiz-sovremennyh-instrumentov-podderzhki-sozdaniya-perspektivnoy-tehniki/viewer>.
5. Девяткин, В. А. О технологии разработки интерактивной электронной эксплуатационной документации / В. А. Девяткин, В. Р. Туктамышев, Я. А. Катаев. – Текст : непосредственный // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – № 1. – С. 65–67.
6. ГОСТ Р 2.521-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Единая система конструкторской документации. Электронная конструкторская документация. Требования к форматам представления трехмерных геометрических моделей : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 19.10.2021 № 1153-ст. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181190>. – Текст : электронный.
7. Комбинированная технология создания эксплуатационной документации информационных систем / И. А. Беззубцева, О. С. Иванова, Н. Ю. Мирченко, О. А. Фохт. – Текст : непосредственный // Врач и информационные технологии. Медицинские информационные системы. – 2018. № 5. – С. 72–84.

PELIKH Evgeny Aleksandrovich, postgraduate student; KUPRIKOV Mikhail Yurevich, doctor of technical sciences, holder of the chair of engineering graphics

STANDARDIZATION OF DIGITAL MODELS IN OPERATIONAL DOCUMENTATION



Moscow Aviation Institute (National Research University)
4, Volokolamskoe Hwy., Moscow, 125993, Russia. Tel: +7 (925) 853-12-73;
e-mail: personal@eapeliikh.ru
Key words: aviation equipment, operation, operational documentation.

The article describes algorithms of interaction of engineering and technical staff with operational documentation at the stage of aircraft operation. The standard format of interactive digital models used in interactive operational documentation is proposed.

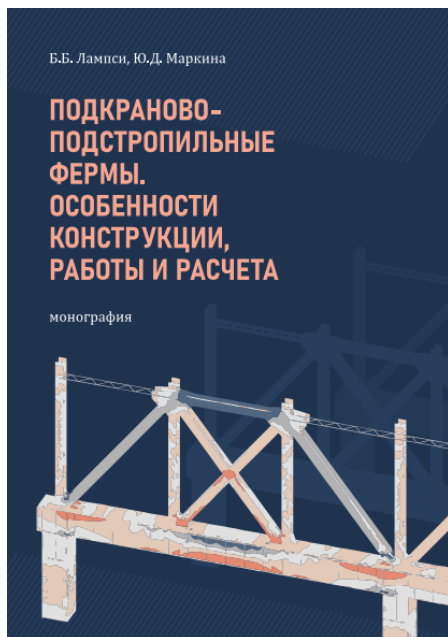
REFERENCES

1. Bedilov O. T., Khayitov B. M. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont vozдушnykh sudov [Aircraft Maintenance and Repair] // ORIENSS. 2023. № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskoe-obsluzhivanie-i-remont-vozдушnykh-sudov/viewer>.
2. Daletsky S. V., Daletsky S. S. Graficheskie modeli protsessa tekhnicheskoy ekspluatatsii vozдушnykh sudov [Graphical models of the process of aircraft technical maintenance] // Nauchny vestnik MGTU GA [Scientific Bulletin of MSTU GA]. 2017. Vol. 20, № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskie-modeli-protsessa-tehnicheskoy-ekspluatatsii-vozдушnykh-sudov/viewer>.
3. Khalilova P. Yu. K sozdaniyu avtomatizirovannoy sistemy monitoring ekspluatatsii vozдушnykh sudov [Towards the creation of an automated system for monitoring aircraft operation] // Nauka, tekhnika i obrazovanie [Science, Technology and Education]. 2017. № 5 (35). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskie-modeli-protsessa-tehnicheskoy-ekspluatatsii-vozдушnykh-sudov/viewer>.
4. Slivitsky A. B. obzor i analiz sovremennykh instrumentov podderzhki sozdaniya perspektivnoy tekhniki [Review and analysis of modern tools to support the creation of advanced equipment] // Bolshaya Evraziya: razvitie, bezopasnost, sotrudnichestvo [Greater Eurasia: development, security, cooperation]. 2022. № 5-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-analiz-sovremennykh-instrumentov-podderzhki-sozdaniya-perspektivnoy-tehniki/viewer>.
5. Devyatkin V. A., Tukhtamyshev V. R., Kataev Ya. A. O tekhnologii razrabotki interaktivnoy elektronnoy ekspluatatsionnoy dokumentatsii [About the technology of development of interactive electronic operational documentation] // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii [Modern Materials, Engineering and Technology]. 2015. № 1. P. 65–67.
6. GOST R 2.521-2021. Natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii. Edinaya sistema konstruktorskoy dokumentatsii. Elektronnyaya konstruktorskaya dokumentatsiya. Trebovaniya k formatam predstavleniya tryokhmernykh geometricheskikh modeley [Unified system for design documentation. Electronic design documentation. Requirements to 3D geometrical model formats] : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Rosstandarta ot 19.10.2021 № 1153-st. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181190>.
7. Bezzubtseva I. A., Ivanova O. S., Mirchenko N. Yu., Fokht O. A. Kombinirovannaya tekhnologiya sozdaniya ekspluatatsionnoy dokumentatsii informatsionnykh sistem [Combined technology for creating operational documentation of information systems] // Vrach i informatsionnye tekhnologii. Meditsinskie informatsionnye sistemy [Physician and Information Technologies. Medical information systems]. 2018. № 5. P. 72–84.

© Е. А. Пелих, М. Ю. Куприков, 2024

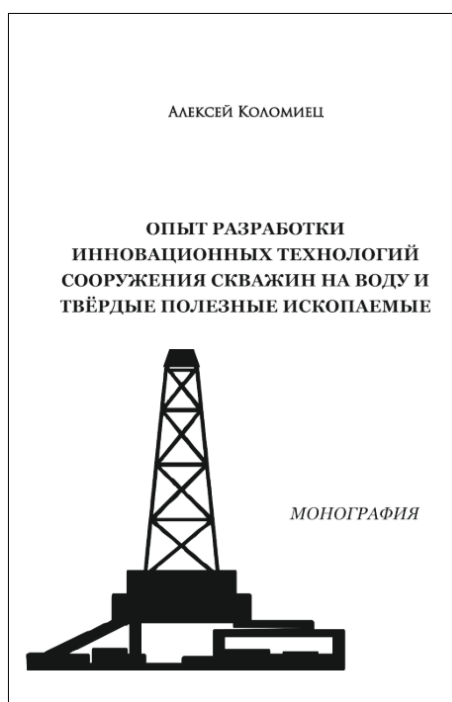
Получено: 02.04.2024 г.

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



Лампси Б. Б. Подкраново-подстропильные фермы. Особенности конструкции, работы и расчета : монография / Б. Б. Лампси, Ю. Д. Маркина; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т – Н. Новгород : ННГАСУ, 2024. – 169 с.
ISBN 978-5-528-00557-7

В монографии представлен краткий обзор существующих конструктивных схем подкраново-подстропильных ферм (ППФ) и аналогичных стержневых систем, совмещающих в себе функции собственно ферм и подкрановых балок для перемещения мостовых кранов или другой подвижной нагрузки, а также проиллюстрирована особенность их работы под нагрузкой. Даны рекомендации по выполнению расчетов, связанных с определением усилий и напряжений в элементах ППФ и, в первую очередь, в ездовых поясах, а также перемещений узлов системы. Результаты представленных исследований могут быть использованы и для предварительного аналитического расчета подкрановых ферм и других подобных конструкций. Монография предназначена для специалистов, работающих в области проектирования и расчета строительных конструкций, обследований и эксплуатации сооружений, а также студентов и аспирантов технических вузов.



Коломиец, А. М. Опыт разработки инновационных технологий сооружения скважин на воду и твердые полезные ископаемые : монография / А. М. Коломиец ; Министерство науки и высшего Российской Федерации, Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2024 – 222 с.
ISBN 978-5-528-00560-7.

В представленной монографии доктор технических наук, профессор Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, заслуженный геолог РФ А. М. Коломиец подробно излагает разработки эффективных и рациональных технологий при поисках и разведке разнообразных полезных ископаемых.



ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНОЙ СТАТЬИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ «ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

1. Список материалов, необходимых для публикации научной статьи

1.1. Автор (авторы) в соответствии с приведенными ниже требованиями должен оформить материалы научной статьи: рукопись статьи и сопроводительные документы к ней. Журнал является двуязычным, и материалы научной статьи могут подаваться в редакцию на русском или на английском языках (здесь имеется в виду язык основного текста статьи, т. к. часть материалов статьи должна оформляться на обоих языках).

1.2. Рукопись статьи представляется в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4 (оформление – см. п. 2) и в электронном виде (оформление – см. п. 3). ***Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.***

1.3. Сопроводительные документы к рукописи статьи должны включать в себя:

1.3.1. Сопроводительное письмо в двух экземплярах в печатном виде на листе формата А4 **по утвержденной форме**, которая приведена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> Данное письмо подписывается руководителем организации (юридического лица), откуда исходит рукопись статьи. Если автор статьи не является работником какой-либо организации, не является аспирантом, докторантом, соискателем ученой степени, то сопроводительное письмо подписывается им лично (в этом случае к сопроводительному письму должны прилагаться документы, подтверждающие статус безработного). Для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, сопроводительное письмо представлять не требуется.

1.3.2. Выписку из протокола заседания кафедры (отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа) с рекомендацией статьи к публикации в Приволжском научном журнале в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то вместо выписки представляется рекомендация к опубликованию, подписанная научным работником, имеющим ученую степень по соответствующей специальности (определяется по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России).

1.3.3. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Данный документ оформляется по форме, утвержденной в организации, откуда исходит рукопись статьи. Форма экспертного заключения, утвержденная в ННГАСУ, размещена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> (для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, данный документ оформляется в отделе интеллектуальной собственности и трансфера технологий (корпус II, каб. 213-а, тел.: (831) 430-19-34).

Если в организации, откуда исходит рукопись статьи, нет утвержденной формы экспертного заключения, то в качестве образца может использоваться

форма ННГАСУ (при этом автор должен внести соответствующие изменения в наименования должностей и Ф.И.О. ответственных лиц). Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати представлять не требуется.

1.3.4. Документ (копия бланка подписки), подтверждающий оформление подписки на Приволжский научный журнал на 2 (два) номера или более (индекс 80382 в каталоге «Урал-Пресс»). Подписка может быть оформлена физическим или юридическим лицом. Требование по оформлению подписки **не распространяется** на следующие категории лиц: 1) на аспирантов (статус аспиранта подтверждается справкой из организации, в которой проходит обучение в аспирантуре); 2) на штатных сотрудников ННГАСУ; 3) на членов редакционной коллегии Приволжского научного журнала. *Примечание:* если соавтором статьи является лицо, не относящееся ни к одной из вышеуказанных категорий, то требование по оформлению подписки на журнал сохраняется.

1.4. Если авторами статьи являются работники различных организаций (юридических лиц), то сопроводительные документы оформляются от одной из организаций (по усмотрению авторов), а от остальных необходимо представить выписки из протоколов заседаний кафедр (отделов, научно-технических советов или иных правомочных органов) с рекомендацией статьи к опубликованию с учетом сформированного авторского коллектива. Данные выписки должны быть подписаны руководителем организации, которая заверяется печатью организации.

2. Правила оформления рукописи научной статьи в печатном виде

2.1. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи **на русском языке**) должна включать в себя следующие составные элементы:

- индекс УДК (универсальная десятичная классификация);
- фамилии, инициалы авторов **на русском языке**;
- ученые степени и ученые звания авторов **на русском языке** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) **на русском языке** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи **на русском языке**;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на русском языке**;
- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на русском языке**: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;
- ключевые слова **на русском языке** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);
- аннотация статьи **на русском языке** (общий объем не более 0,3 стр.);
- основной текст статьи **на русском языке**;
- библиографический список **на русском языке** (не менее трех источников);
- фамилии, имена, отчества (полностью) авторов **на английском языке**;
- ученые степени и ученые звания авторов **на английском языке** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);



- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) **на английском языке** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);

- название статьи **на английском языке**;

- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на английском языке**;

- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на английском языке**: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;

- ключевые слова **на английском языке** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);

- аннотация статьи **на английском языке** (общий объем не более 0,3 стр.);

- библиографический список **на английском языке** (не менее трех источников);

- знак охраны авторского права, состоящий из следующих элементов: латинская буква «С» в окружности, фамилии, инициалы авторов на русском языке, год направления статьи в редакцию.

Расположение и оформление вышеперечисленных частей рукописи статьи должно соответствовать образцу оформления научной статьи, который размещен на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru>.

2.2. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи **на английском языке**) должна включать в себя те же составные элементы, которые указаны в п. 2.1. При этом русскоязычное написание заменяется на англоязычное, а англоязычное – на русскоязычное.

2.3. При оформлении рукописи статьи необходимо соблюдать следующие требования:

2.3.1. Текст рукописи статьи набирается на компьютере в текстовом редакторе «Microsoft Word» и распечатывается на принтере на листах бумаги формата А4 с одной стороны. Плотность бумаги 80 г/м². Размеры полей страниц: верхнее 25 мм, нижнее 25 мм, левое 25 мм, правое 25 мм. Страницы должны быть пронумерованы в нижней правой части.

2.3.2. Текст рукописи статьи набирается шрифтом Times New Roman Cyr. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: индекс УДК, Ф.И.О. авторов, ученые степени и ученые звания авторов, должности авторов, название статьи. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,5 (полуторный) используется для набора следующих частей рукописи: основной текст статьи, знак охраны авторского права. Шрифт № 12 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: наименование организации (места работы авторов), контактная информация (адрес организации и др.), аннотация статьи, ключевые слова, библиографический список.

2.3.3. Буквы русского и греческого алфавитов (в том числе индексы), а также все цифры (в том числе индексы) необходимо набирать прямым шрифтом, а буквы латинского алфавита – курсивом. Аббревиатуры, стандартные функции (Re, sin, cos и т. п.) и символы химических элементов набираются прямым шрифтом.

2.3.4. Текст статьи может включать формулы, которые должны набираться **только с использованием редактора формул «Microsoft Word»**. При этом необходимо использовать редактор формул «MathType 6» или «Microsoft Equation 3.0». При использовании текстового редактора «Microsoft Word, Office-2010» не допускается использование редактора формул, открывающегося по команде «Вставка – Формула» (кнопка « π » на панели быстрого доступа). В данной версии необходимо в меню «Вставка» нажать кнопку «Объект» и в выпадающем меню выбрать тип вставляемого объекта – «Microsoft Equation 3.0». Шрифт формул должен соответствовать требованиям, предъявляемым к основному тексту статьи (см. выше). В статье должен быть необходимый минимум формул, все второстепенные и промежуточные математические преобразования при необходимости могут выноситься в приложение к статье (в качестве поясняющей информации для рецензента).

2.3.5. Текст статьи может включать таблицы, а также графические материалы (рисунки, графики, фотографии и др.). Данные материалы должны иметь сквозную нумерацию и названия. На все таблицы и графические материалы должны быть сделаны ссылки в тексте статьи. При этом расположение данных объектов должно быть после ссылок на них. Шрифт таблиц должен соответствовать требованиям, предъявляемым к тексту статьи (см. выше). Шрифт надписей внутри рисунков, графиков, фотографий и др. графических материалов Times New Roman Cyr, размер № 12, межстрочный интервал 1,0 (одинарный). В случае использования в статье цветных графических материалов (рисунки, графики, фотографии и др.) их необходимо скомпоновать на четном количестве страниц – либо на двух, либо на четырех отдельных страницах (но не более четырех страниц). К данным рисункам должны быть сделаны подписи, а в тексте статьи на них должны быть ссылки. Использование цветных графических материалов должно быть оправданным (в тех случаях, когда их нельзя заменить черно-белым аналогом).

2.3.6. Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008 (с учетом вступления в силу последующих версий данного документа). Нумерация литературных источников в списке дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте статьи (в квадратных скобках). В библиографический список включаются только те работы (документы), которые опубликованы в печати на момент представления рукописи статьи в редакцию. Количество литературных источников в списке должно быть не менее 3-х. В качестве цитируемых литературных источников должны использоваться научные статьи, опубликованные за последние 5 лет в российских и зарубежных рецензируемых научных периодических изданиях. Не допускается ссылаться на учебники и учебные пособия, научно-популярную литературу, если они не являются объектом исследования. В англоязычном варианте библиографического списка русскоязычные литературные источники должны быть представлены в транслитерации, на латинице. Кроме того названия статей и названия журналов переводятся на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках). Библиографические описания англоязычных изданий приводятся в оригинальном виде. Для изданий на других языках названия статей и названия журналов должны быть переведены на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках).



2.3.7. Объем рукописи статьи (включая черно-белые и цветные графические материалы), оформленной с учетом вышеперечисленных требований, **не должен превышать**: а) 11 (одиннадцать) страниц при наличии в тексте не менее 3-х графических материалов (рисунков, графиков, фотографий); б) 8 (восемь) страниц во всех остальных случаях.

2.4. Рукопись статьи должна быть тщательно отредактирована и подписана всеми авторами (лично) с обратной стороны последней страницы с указанием даты представления рукописи в редакцию (число.месяц.год).

3. Правила оформления рукописи научной статьи в электронном виде

3.1. В электронном виде необходимо представить файл, подготовленный в редакторе «Microsoft Word» (тип файла «doc» или «docx» или «rtf»). Данный файл должен включать рукопись статьи (подготовленной в соответствии с п. 2) со вставленными в текст графическими материалами (если они имеются). В названии файла должна присутствовать фамилия автора статьи. Файл должен быть записан на компакт-диск (CD-R или CD-RW).

3.2. Каждый отдельный графический материал (рисунок, график, фотография и др.) должен быть записан в виде отдельного файла, при этом названия файлов должны соответствовать нумерации данных материалов (например: «Рис.1»). Все графические материалы должны быть доступны для редактирования, для этого они должны быть представлены **в исходном формате** (например, для рисунков, созданных в графическом редакторе «CorelDraw», необходимо представление файлов в формате «cdr»). Представление графиков, рисунков и т. п. графических материалов в виде отсканированных изображений **не допускается**. Файлы фотографий должны иметь расширение «jpg». Качество всех графических материалов должно быть высоким (не ниже 300 dpi).

4. Порядок представления в редакцию материалов научной статьи

Подготовленные с учетом всех вышеперечисленных требований материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней) должны быть запечатаны в конверт формата А4, на котором указывается адрес редакции: *Россия, 603952, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».* Ответственному секретарю Приволжского научного журнала Хазову П. А.

Конверт с материалами может быть отправлен по почте, с использованием курьерской доставки или доставлен лично автором (доверенным лицом автора). В случае отправки с использованием курьерской доставки, а также в случае личной доставки, конверт необходимо сдавать в канцелярию ННГАСУ (г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, ННГАСУ, корпус I, 1-й этаж, каб. 127).

5. Порядок рассмотрения редакцией материалов научной статьи и ее рецензирования

5.1. После получения материалов научной статьи ответственный секретарь журнала проводит оценку их достаточности и правильности оформления. В случае отклонений от установленных требований, автору по электронной почте направляется письмо с уведомлением: «Материалы научной статьи не соответствуют требованиям, установленным редакцией журнала».

5.2. Материалы статей, оформленные в соответствии с установленными требованиями, ответственный секретарь регистрирует и направляет для рассмотрения члену редакционной коллегии журнала, который имеет соответствующую специальность (по номенклатуре специальностей научных

работников, утвержденной Минобрнауки России). Член редакционной коллегии организует рецензирование (экспертную оценку) рукописи научной статьи в соответствии с порядком, установленным редакцией журнала. С составом редакционной коллегии, в т. ч. с научными специальностями ее членов, а также с «Порядком рецензирования научных статей» можно ознакомиться на интернет-сайте Приволжского научного журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru>.

5.3. Если на статью получена положительная рецензия, то она включается в план публикации соответствующего тематического раздела журнала. Автору статьи по почте, а также по электронной почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Включено в план публикации». Сроки и очередность опубликования устанавливаются редакцией с учетом количества статей, находящихся в плане публикации соответствующего тематического раздела журнала. Как правило, дата приема статей для издания очередного номера устанавливается не позднее, чем за 4 (четыре) месяца до месяца выхода (например, для № 1 (март) этот срок должен быть не позднее 01 ноября). При этом дата устанавливается по дате получения редакцией положительной рецензии на статью.

5.4. Если на статью получена рецензия с замечаниями, но рецензент указывает на возможность публикации статьи после доработки, то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «На доработку». Порядок оформления, представления и рассмотрения доработанных рукописей статей такой же, как для вновь поступающих материалов статей. К доработанной рукописи статьи необходимо приложить документ «Ответы на замечания рецензента», оформленный в печатном виде на листах формата А4, в двух экземплярах. Ответы даются на каждое замечание (по пунктам), внизу ставятся личные подписи всех авторов с указанием даты представления доработанной рукописи в редакцию (число.месяц.год). Подписи авторов должны быть заверены канцелярией или отделом кадров организации, откуда исходит рукопись статьи. Сопроводительные документы к рукописи статьи (по п. 1.3.) переоформляются только в том случае, если при доработке изменяется название статьи и (или) изменяется авторский коллектив.

5.5. Если на статью получена отрицательная рецензия (рецензия с замечаниями, без указания на возможность публикации статьи после доработки), то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Не рекомендуется к публикации».

6. Общие требования и условия публикации

6.1. Редакцией не принимаются к рассмотрению: 1) научные статьи, не соответствующие тематическим направлениям журнала, по которым осуществляется рецензирование (экспертная оценка). Данные направления соответствуют научным направлениям членов редакционной коллегии журнала (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России); 2) научные статьи, публиковавшиеся ранее; 3) материалы, не соответствующие установленным редакцией требованиям; 4) рекламные материалы.

6.2. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей статей. Редакция имеет право частично или полностью предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные



организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала.

6.3. Авторский коллектив, направляющий научную статью в редакцию журнала, несет ответственность за неправомерное использование объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме, в соответствии с действующим законодательством.

6.4. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Перепечатка материалов «Приволжского научного журнала» без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

6.5. Материалы научных статей, направляемые в редакцию журнала, авторам не возвращаются. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

6.6. Оплата за рассмотрение научной статьи редакцией взимается путем оформления автором подписки на журнал (условия – см. п. 1.3.4 выше). Плата с аспирантов за публикацию научных статей не взимается.



**ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА
НА ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
«ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»**

Основан в 2006 году

Периодичность – ежеквартально

Журнал рассчитан на профессорско-преподавательский состав, аспирантов, а также студентов старших курсов вузов, работников научно-исследовательских и проектных институтов, инженерно-технический персонал организаций и предприятий.

Журнал имеет разделы:

- Строительные конструкции, здания и сооружения (2.1.1);
- Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (2.1.3);
- Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (2.1.4);
- Строительные материалы и изделия (2.1.5);
- Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология (2.1.6);
- Технология и организация строительства (2.1.7);
- Строительная механика (2.1.9);
- Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (2.1.10);
- Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (2.1.11);
- Архитектура зданий и сооружений.
Творческие концепции архитектурной деятельности (2.1.12);
- Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (2.1.13);
- Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий (2.5.1)

В ЖУРНАЛЕ ПУБЛИКУЮТСЯ

статьи о результатах научных исследований по группе научных специальностей 2.1 – «Строительство и архитектура». Статьи рецензируются.

Каталожная цена за 6 месяцев – 1000 руб.

Цена отдельного номера – 500 руб.

Подписной индекс по каталогу «Урал-Пресс»: 80382

**Адрес редакции: Россия, 603952, г. Нижний Новгород,
ул. Ильинская, д. 65.**

Тел./факс: (831) 433-04-36, 430-19-36

