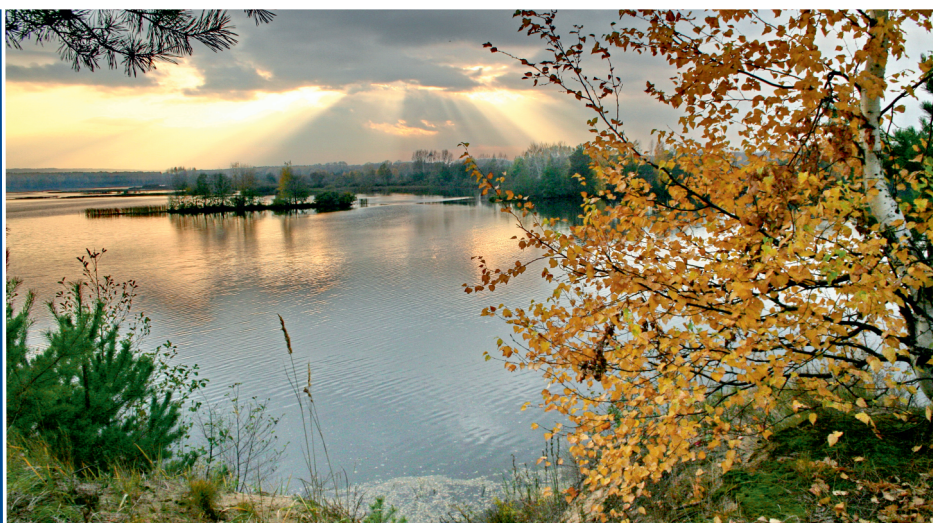


ISSN 1995-2511

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

3

2022



ISSN 1995-2511



ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

№ 3

Сентябрь 2022

Нижний Новгород

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 3 (63)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2022. 183 с., 13 л. цв. вклеек.

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77 – 47479 от 25.11.2011 г. Территория распространения – Российская Федерация, зарубежные страны. Языки – русский, английский.

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

«Приволжский научный журнал» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по группе научных специальностей 2.1 – «Строительство и архитектура».

Главный редактор д-р техн. наук, проф. С. В. СОБОЛЬ
Заместитель главного редактора канд. техн. наук, проф. Д. В. МОНИЧ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

Подписано в печать 20.09.2022 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная

Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,01 + вкл. 1,14. Тираж 600 экз. Заказ № 15/22

Адрес издателя и редакции: Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел./факс: (831) 433-04-36 (редакция), (831) 430-19-46 (зам. главного редактора);

эл. почта: md@nngasu.ru (зам. главного редактора), 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, 2022

ISSN 1995-2511



THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

Scientific periodical

№ 3

September 2022

Nizhny Novgorod

Scientific periodical. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2022. 183 p., 13 p. of colour illustrations.

Founder & Publisher: The Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU). Registered by the Federal service for supervision of communications, information technology, and mass media. Registration certificate ПИ № ФС77 – 47479 dt. 25.11.2011. Circulation – the Russian Federation, foreign countries. Languages – Russian, English.

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

The Privolzhsky Scientific Journal is included into the list of leading peer viewed journals and publications where basic scientific results of doctoral and candidate dissertations are to be published of scientific specialties 2.1 – "Construction and architecture".

Editor-in-chief doctor of technical sciences, professor S. V. SOBOL
Deputy chief editor cand. of tech. sciences, professor D. V. MONICH

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

academician of RAACS, doctor of architecture, professor E. A. AKHMEDOVA; 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 biological sciences, professor D. B. GELASHVILI; academician of RAACS, doctor of architecture, professor A. L. GELFOND; Ph.D., professor R. GRAEFE; honoured worker of science of RF, corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor L. N. GUBANOV; doctor of technical sciences, professor A. I. EREMKin; academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. T. EROFEEV; doctor of science, professor M. IVETICH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor N. I. KARPENKO; doctor of physical-mathematical sciences, professor M. M. KOGAN; doctor of technical sciences, professor D. V. KOZLOV; corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. N. KUPRIANOV; Prof. Dr.-Ing. F. NESTMANN; doctor of technical sciences, professor S. I. ROTKOV; doctor of technical sciences, professor S. V. STEPANOV; honoured worker of science of RF, doctor of physical-mathematical sciences, professor R. G. STRONGIN; doctor of physical-mathematical sciences, professor A. N. SUPRUN; doctor of technical sciences, professor V. P. SUCHKOV; 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; 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 M. N. CHEKARDOVSKY; doctor of physical-mathematical sciences, professor E. V. CHUPRUNOV; honoured worker of science of RF, doctor of chemical sciences, professor V. A. YABLOKOV

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

Signed for publishing on 20.09.2022. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 16,01 + illust. 1,14. Copies 600. Order № 15/22

Publisher's address: 65 Iljinskaya St., 603950, Nizhny Novgorod, Russia.
Tel./fax: +7 (831) 433-04-36 (editors), +7 (831) 430-19-46 (deputy chief editor);
e-mail: md@nngasu.ru (deputy chief editor), red@nngasu.ru (redaction),
web-site: www.pnj.nngasu.ru; пнж.ннґасу.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., Жоголева О. А., Леденев В. И., Матвеева И. В. Моделирование реверберационных процессов в производственных помещениях с импульсными источниками звука.....	9
Дымченко В. В., Монич Д. В. Исследования параметров прохождения звука через каркасно-обшивные перегородки с рациональным каркасом и различными материалами обшивок.....	17
Антошкин В. Д. Сборные сферические оболочки с шестиугольными панелями на основе сети Чебышева.....	22
Хазов П. А., Ерофеев В. И., Лобов Д. М., Ситникова А. К., Помазов А. П. Экспериментальное исследование прочности композитных трубобетонных образцов малогабаритных сечений.....	36
Сатанов А. А., Поздеев М. Л., Симонов А. В., Помазов А. П., Хазов П. А. Экспериментальное исследование распределения аэродинамических коэффициентов на высотное здание.....	43
Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Исследования работы горизонтально нагруженных фундаментов с линейно расположенными призматическими сваями в программном комплексе “MIDAS”.....	52
Тягунова Л. Ю., Шкода И. В., Аниськина К. И. Сравнительный анализ методов расчета большепролетного сооружения при сейсмических воздействиях в городе Севастополе.....	57
Уткин М. М., Уткин М. В. Сравнительный анализ методик определения скорости растворения сульфатных пород в лабораторных условиях.....	66
Кондрашкин О. Б., Оскирко А. А., Самиков И. Н. Совершенствование конструкции трубопровода с основанием из грунтовых модулей и средств балластировки.....	74

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Васильев А. Л., Тарасов А. С., Гусева Л. Д. Современные методы обеззараживания питьевой воды.....	83
Шувалов М. В., Шувалов Р. М. О процедуре выбора технологий для восстановления и строительства трубопроводов канализационных сетей.....	89

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Ерофеев В. Т., Ликомаскина М. А., Афонин В. В., Архипова А. И. Исследование влияния воздействия мицелиальных грибов на модуль деформации песчаных асфальтобетонов.....	96
--	----

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

Орельская О. В. Образ цветка лотоса в архитектуре.....	109
Лисицына А. В. Уровневые историко-культурные каркасы малых и средних городов региона (на примере нижегородского Поволжья).....	115
Агеева Е. Ю., Оскирко А. А. Этапы формирования «образцовой» застройки в провинциальных городах России.....	121
Качемцева А. А. Разработка определения понятия «графические источники» в аспекте реставрации архитектурного наследия.....	128



Широкова Е. О. Неотрадиционализм в крупных городах России эпохи постмодернизма.....	134
Киреева Т. В. Классификация зеленых и эксплуатируемых кровель.....	140
Теребикина О. В. Архитектура международных аэропортов в стиле хай-тек.....	146

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Пирогов Д. А. Трансформация типологических характеристик объектов социальной инфраструктуры в периоды катастроф	151
Пирогов Д. А. Архитектура для беженцев. Объекты социальной инфраструктуры	158

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Орлова Л. Н. Режим биологически эффективного облучения помещений при экранировании застройки.....	163
--	-----

ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

Новые издания.....	173
Итоги V Всероссийского фестиваля «Архитектурное наследие».....	176
Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал».....	177

НА ОБЛОЖКЕ: Река Линда, Нижегородская область. Фото Белова А. В.



CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

Antonov A. I., Zhogoleva O. A., Ledenyov V. I., Matveeva I. V. Modeling reverberation processes in industrial premises with pulsed sound sources.....	9
Dymchenko V. V., Monich D. V. Research of the parameters of sound transmission through frame-sheathed partitions with a rational frame and various shelling materials...	17
Antoshkin V. D. Prefabricated spherical shells with hexagonal panels based on the Chebyshev network.....	22
Khazov P. A., Erofeev V. I., Lobov D. M., Sitnikova A. K., Pomazov A. P. The experimental research of the strength of composite steel tube confined concrete samples of small-sized sections.....	36
Satanov A. A., Pozdeev M. L., Simonov A. V., Pomazov A. P., Khazov P. A. Experimental research of the distribution of aerodynamic coefficients on a high-rise building.....	43
Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Investigations of the function of horizontally loaded foundations for linearly placed prismatic piles by the software package "MIDAS".....	52
Tyagunova L. Yu., Shkoda I. V., Aniskina K. I. Comparative analysis of calculation methods for a large-span structure under seismic impacts in the city of Sevastopol.....	57
Utkin M. M., Utkin M. V. Comparative analysis of methods for determining dissolution rate of sulfate rocks in laboratory conditions.....	66
Kondrashkin O. B., Oskirko A. A., Samikov I. N. Improvement of the design of a pipeline with a base of ground modules and ballasting facilities.....	74

WATER SUPPLY, SEWAGE, CONSTRUCTION SYSTEMS OF WATER RESOURCES PROTECTION

Vasilev A. L., Tarasov A. S., Guseva L. D. Modern methods of drinking water disinfection	83
Shuvalov M. V., Shuvalov R. M. On the procedure of selecting technologies for reconstruction of sewer network pipelines.....	89

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Erofeev V. T., Likomaskina M. A., Afonin V. V., Arkhipova A. I. Study of the impact of exposure to mycelial fungi on the deformation modulus of sandy asphalt concrete	96
---	----

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

Orelskaya O. V. The image of a lotus flower in architecture.....	109
Lisitsyna A. V. Level historical and cultural frameworks of small and medium-sized cities (by the example of the Nizhegorodskoe Povolzhe region).....	115
Ageeva E. Yu., Oskirko A. A. Stages of formation of "exemplary" developed territory in the provincial cities of Russia.....	121
Kachemtseva A. A. Development of a definition of the concept "Graphic sources" in the aspect of restoration of architectural heritage.....	128
Shirokova E. O. Neotraditionalism in the large cities of Russia in the era of postmodernism..	134
Kireeva T. V. Classification of green and operated roofs.....	140
Terebikina O. V. Architecture of international airports in high-tech style	146

ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

Pirogov D. A. Transformation of typological characteristics of social infrastructure objects during catastrophe.....	151
---	-----



Pirogov D. A. Architecture for refugees. Social infrastructure objects.....	158
--	-----

TOWN-PLANNING, PLANNING RURAL BUILT-UP AREAS

Orlova L. N. Mode of biologically effective irradiation of premises in the conditions of building shielding.....	163
---	-----

INFORMATION SECTION

New publications.....	173
Results of the V All-Russian Festival "Architectural Heritage".....	176
List of requirements for publication in the scientific periodical "Privolzhsky Scientific Journal"	177

COVER PAGE: The Linda River, Nizhny Novgorod region. Photo by A. V. Belov

УДК 628.517.2

А. И. АНТОНОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектуры зданий и градостроительства¹, вед. науч. сотр.²; **О. А. ЖОГОЛЕВА**, канд. техн. наук, доц. кафедры городского строительства и автомобильных дорог¹, науч. сотр.²; **В. И. ЛЕДЕНЕВ**, д-р техн. наук, проф. кафедры городского строительства и автомобильных дорог¹, вед. науч. сотр.²; **И. В. МАТВЕЕВА**¹, канд. техн. наук, доц. кафедры городского строительства и автомобильных дорог

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕВЕРБЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ С ИМПУЛЬСНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЗВУКА

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, время реверберации, расчетная модель шума, интегральное уравнение Куттруфа, производственные помещения.

Рассматриваются принципы моделирования реверберационных процессов в производственных помещениях при работе в них импульсных источников звуковой энергии. Предложена методика оценки стандартного времени реверберации и коэффициентов потерь звуковой энергии в помещениях с использованием интегрального уравнения Куттруфа. Показано, что методика и разработанная компьютерная программа для ее реализации могут быть использованы при оценке точности и границ применимости ранее разработанных методов расчета пространственно-временных характеристик импульсного шума в производственных помещениях.

В настоящее время на промышленных предприятиях широкое распространение имеет производственное оборудование и инструменты, излучающие в процессе работы импульсный шум. В результате этого в производственных помещениях образуется непостоянный во времени шумовой режим, оказывающий наиболее негативное воздействие на организм человека [1]. Для разработки мероприятий по снижению импульсного шума необходимо иметь сведения об акустических процессах формирования такого режима и на этой основе получать данные о пространственном распределении уровней импульсного шума по объему помещений в определенные моменты времени наблюдения [2].

Одним из процессов, определяющих шумовой режим в помещениях с импульсными источниками звука, является реверберация – постепенное затухание отраженной энергии после окончания излучения источником импульса звуковой энергии. Сведения о затухании звуковой энергии в промежутках времени между импульсами имеют важное значение при гигиенической оценке импульсного шума [1]. В этом случае необходимо, например, иметь данные о разности максимального и минимального уровней (глубину модуляции), о ее зависимости от частоты следований импульсов, о наличии фонового шума и о других пространственно-временных характеристиках импульсного шума [2, 3, 4].

Процесс реверберации в помещениях характеризуется его временем. Время реверберации определяет скорость затухания отраженной звуковой энергии в про-

межутках между излученными импульсами. Величина скорости затухания в помещениях зависит от их объемно-планировочных параметров, звукопоглощающих характеристик ограждений и от коэффициентов потерь звуковой энергии в них. На величину изменений энергии в промежутках между импульсами влияет также характер отражения звука от ограждений [5].

Кроме сведений о скорости затухания звуковой энергии, время реверберации позволяет оценивать влияние звукопоглощающих характеристик помещений на величину потерь звуковой энергии в них и тем самым определять акустическую эффективность применения звукопоглощающих облицовок для снижения шума в помещениях с импульсными источниками звука.

По указанным выше причинам расчет времени реверберации является важной задачей при прогнозировании шумового режима в помещениях с импульсными источниками звука и разработке мероприятий по его улучшению.

Временные параметры затухания можно определять, используя стандартное время реверберации T , в течение которого звуковая энергия в помещении после прекращения работы источника звука уменьшается в 10^6 раз, то есть

$$\frac{E(t)}{E_0} = e^{-\eta T} = 10^{-6}, \quad (1)$$

где E_0 – энергия в момент прекращения работы источника; $E(t)$ – энергия в наблюдаемый момент времени t ; η – коэффициент потерь звуковой энергии в помещении.

Исходя из условия (1), выражение для определения коэффициента потерь имеет вид

$$\eta = \frac{6}{\lg e \cdot T}. \quad (2)$$

Коэффициент потерь можно также записать в виде

$$\eta = c \cdot m_3, \quad (3)$$

где c – скорость звука в воздухе; m_3 – эквивалентный пространственный коэффициент затухания звуковой энергии в объеме помещения [6].

Коэффициент m_3 характеризует потери звуковой энергии в помещении на ограждениях и в его среде. В общем случае выражение для определения m_3 при диффузном отражении звука от ограждений согласно [6] имеет вид

$$m_3 = m_b + m_{об} - \frac{\ln(1 - \xi_0)}{\bar{L}} - \frac{\sum_{i=1}^K S_i \ln(1 - \alpha_i)}{S\bar{L}}, \quad (4)$$

где m_b – коэффициент затухания звуковой энергии в воздухе; $m_{об}$ – коэффициент затухания звуковой энергии на оборудовании и предметах, размещаемых в помещении, определяемый при их равномерном распределении в объеме по формуле

$$m_{об} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{об\,i} \ln(1 - \alpha_{об\,i})}{S\bar{L}}, \quad (5)$$

где $S_{об\,i}$, $\alpha_{об\,i}$ – площадь и коэффициент звукопоглощения i -го предмета; \bar{L} – средняя длина пробега лучей в помещении; $\xi_0 = S_0 / S$ – вероятность падения лучей на полностью поглощающую поверхность S_0 ограждений помещения (открытые проемы); S_i , α_i – площадь и коэффициент звукопоглощения i -й поверхности ограждения помещения; S – общая площадь ограждений помещения.

Как видно, первый и второй члены формулы (4) учитывают потери звуковой



энергии в среде помещения, третий член – потери энергии на открытых проемах, а четвертый – потери энергии за счет ее поглощения на ограждениях.

Следовательно, для того чтобы рассчитать время реверберации и оценить потери отраженной звуковой энергии, необходимо иметь методы его расчета, учитывающие перечисленные выше составляющие формулы (4).

В настоящее время имеются методы расчетов энергетических характеристик отраженных звуковых полей, на основе которых возможно моделировать реверберационные процессы в помещениях и, соответственно, определять время реверберации.

При расчетах времени реверберации в производственных помещениях используются методы, в основе которых лежат представления о диффузном характере отражения звука от ограждений. К ним относятся классический метод диффузного поля [7], статистические энергетические методы, основанные на представлениях о квазидиффузном звуковом поле [2, 8, 9], метод однородных дискретных цепей Маркова [10, 11, 12, 13], метод интегрального уравнения Куттруфа [14, 15]. Использование перечисленных методов при исследовании реверберационных процессов в помещениях имеет определенные ограничения [2, 8, 16].

Наиболее универсальным и наиболее приближенным к реальным реверберационным процессам, происходящим в помещениях при диффузном отражении звука от ограждений, является метод, основанный на интегральном уравнении Куттруфа [14]. Уравнение решается численным методом, позволяющим производить оценку времени реверберации в помещениях любой сложной формы, учитывая при этом конкретные звукопоглощающие характеристики ограждений, наличие в них открытых проемов, а также характер излучения звука импульсными источниками шума. Так как метод в полной мере учитывает перечисленные выше характеристики, он может использоваться не только при непосредственном определении времени реверберации, но и при оценке точности и границ применимости других приближенных методов расчетов.

Ниже приведена методика расчетов времени реверберации с использованием уравнения Куттруфа применительно к условиям шумового режима в производственных помещениях с импульсными источниками звука. Предлагается следующий алгоритм расчета времени реверберации и определения коэффициентов потерь звуковой энергии в помещениях.

1. Все поверхности помещения делятся на площадки d_s (см. рис. 1). Размеры площадок принимаются такими, чтобы распределение плотности звуковой энергии в их пределах было достаточно равномерным. Коэффициенты поглощения и отражения звуковой энергии поверхностями при этом должны быть диффузными, а отражение звуковой энергии от поверхностей определяется косинусной зависимостью по закону Ламберта.

2. Устанавливаются дискретные промежутки времени, при которых производятся исследования процессов реверберации после отключения источника звука. Разбиение на отдельные временные участки зависит от требуемой точности расчета, возможностей вычислительной техники, объемно-планировочных и акустических характеристик помещения и ряда других факторов.

3. С использованием выражения (6) находится интенсивность прямой энергии $I_{ds't}^0$, падающей на каждую элементарную площадку поверхности ds' в момент времени до отключения источника звука.

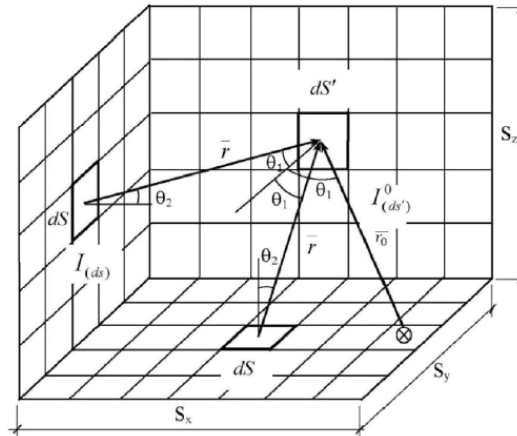


Рис. 1. Схема к расчету времени реверберации с использованием уравнения Куттруфа

$$I_{ds't}^0 = \frac{W(1-\alpha_{s'})}{4\pi r_0^2} \exp(-m_b r_0), \quad (6)$$

где W – звуковая мощность точечного импульсного источника звука с равномерным излучением звуковой энергии в сферу; α_s – коэффициент звукопоглощения поверхности на площадке ds' ; r_0 – расстояние от источника импульсного звука до площадки ds' .

4. Вычисляются интенсивности $I_{ds'}$, падающие на участки ds' , определяемые вкладами от всех других участков ограждений на момент отключения источника звука.

5. По выражению (7) вычисляется интенсивность $I_{ds'}$, образующаяся на участке ds' от всех интенсивностей I_{ds} , падающих на площадку ds' с других площадок ds на момент отключения источника звука.

$$I_{ds'} = \int_s I_{ds} (1-\alpha_s) \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi r^2} ds + I_{ds'}^0 \cos \theta_0, \quad (7)$$

где $I_{ds}(1-\alpha_s)$ – интенсивность падающей на элемент ds' отраженной звуковой энергии, определяемой вкладами отраженной от всех других элементов ограждений ds ; $I_{ds'}^0$ – интенсивность отраженной звуковой энергии, образующейся при падении прямого звука на элемент ds' ; r – расстояние между элементами ds и ds' ; θ_1 и θ_2 – углы между вектором \vec{r} и нормальными к элементам ds и ds' ; α_s – коэффициент звукопоглощения поверхности ds ; θ_0 – угол между вектором \vec{r} и нормалью к элементу ds' .

6. По выражению (8) вычисляется плотность диффузно отраженной энергии в расчетной точке помещения на момент отключения источника звука

$$\varepsilon_i^{\partial} = \int_s \frac{I_{ds'}(1-\alpha_{s'}) \cos \theta ds}{\pi r_{s'i}^2 c} \exp(-m_b r_{s'i}), \quad (8)$$

где $I_{ds'}(1-\alpha_{s'})$ – интенсивность диффузно отраженной энергии, излучаемой в i -ю расчетную точку от поверхности ds' ; $r_{s'i}^2$ – расстояние от поверхности ds' до i -й расчетной точки; $\alpha_{s'}$ – коэффициент звукопоглощения поверхности ds' ; θ – угол направления от площадки ds' на i -ю расчетную точку.

7. По выражению (9) вычисляется интенсивность диффузной звуковой энергии $I_{(ds',\tau)}$, образующейся в момент времени τ после отключения источника звука

$$I_{(ds', \tau)} = \frac{I_{(ds', \tau - r/c)}(1 - \alpha_s) \cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi r^2} ds, \quad (9)$$

где $I_{(ds', \tau - r/c)}$ – интенсивности падающей на участок ds' звуковой энергии, определяемые вкладами отражений рассеянной энергии от всех других участков ограждений ds с учетом времени прихода их в расчетную точку. Остальные обозначения в (9) те же, что и в (7).

8. По выражению (10) вычисляется плотность диффузно отраженной энергии в i -й расчетной точке в каждый конкретный момент времени τ

$$\varepsilon_{ri}^{\circ} = \int_s \frac{I_{(ds', \tau - r_{s'}/c)}(1 - \alpha_{s'}) \cos \theta ds}{\pi r_{s'}^2 c} \exp(-m_{\text{в}} r_{s'i}), \quad (10)$$

где $I_{(ds', \tau - r_{s'}/c)}(1 - \alpha_{s'})$ – интенсивность рассеянной звуковой энергии, излучаемой в расчетную точку помещения от поверхности ds' с учетом времени излучения звуковой энергии и прихода ее в расчетную точку; $r_{s'}$ – расстояние от поверхности ds' до расчетной точки; τ – расчетное время наблюдения; θ – угол направления от площадки ds' на i -ю расчетную точку.

9. При известных значениях плотности отраженной энергии ε_{ri}° определяют уровни звукового давления в i -й расчетной точке в каждый расчетный момент времени τ и затем производится определение стандартного времени реверберации T .

10. По полученному времени реверберации T по формуле (2) производится вычисление коэффициента потерь звуковой энергии в исследуемом помещении.

11. По известной величине коэффициента потерь звуковой энергии η , используя выражения (3) и (4), возможно определять величину среднего коэффициента звукопоглощения $\bar{\alpha}$. Формула для его определения в наиболее общем случае согласно [8] имеет вид

$$\begin{aligned} \bar{\alpha} &= 1 - \exp(-m_s \bar{I}) = \\ &= 1 - \exp \left[\frac{S \ln(1 - \xi_0) + \sum_{i=1}^K \ln(1 - \alpha_i) + \sum_{i=1}^N S_{\text{оо}i} \ln(1 - \alpha_{\text{оо}i})}{S} - m_s \bar{I} \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

Далее, изменяя составляющие формулы (11), возможно регулировать средний коэффициент звукопоглощения $\bar{\alpha}$ и, соответственно, коэффициент потерь звуковой энергии в помещении и время реверберации в нем.

Как видно из представленной методики, реализация численным методом интегрального уравнения Куттруфа имеет значительную трудоемкость. Требуется многократное вычисление интегралов на всех ограждающих поверхностях помещений. Трудоемкость напрямую зависит от количества разбиений ограждений на элементарные площадки ds и от числа учитываемых актов отражений рассеянной энергии. Расчеты интенсивности и плотности отраженной звуковой энергии производятся через определенный интервал времени. Шаг по времени и, соответственно, число учитываемых интервалов зависит от скорости затухания отраженной звуковой энергии в каждом конкретном помещении. Следовательно, использование данной методики требует компьютерного обеспечения.

Для реализации рассмотренного алгоритма расчета разработана компьютерная программа. Программа дает возможность определять время реверберации, а также строить графики изменения уровней отраженной звуковой энергии во вре-



мени при работе в помещении импульсного источника звука.

Основным достоинством метода и реализующей его программы является возможность оценки на его основе точности расчетов другими более простыми, но приближенными методами. В частности, с использованием данного метода и программы произведено обоснование возможности применения для оценки пространственных и временных характеристик импульсного шума комбинированного метода расчета, в котором расчет распределения шума в пространстве помещения выполняется численным статистическим энергетическим методом, а оценка временных изменений шума в каждой расчетной точке методом диффузного звукового поля [2]. Показано, что комбинированный метод обеспечивает требуемую при инженерных расчетах точность при минимальных затратах времени на вычислительный процесс.

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. – Текст : непосредственный.
2. 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. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 4 (60). – С. 9–16.
3. Исследование влияния характеристик источников импульсного шума на распределение звуковой энергии в помещениях / В. И. Леденев, О. А. Жоголева, М. А. Пороженко, В. А. Аистов. – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт : материалы VIII Международной научно-практической конференции / Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2021. – С. 216–218.
4. Учет фонового шума при проектировании шумозащиты в помещениях с импульсными источниками звука / А. И. Антонов, В. И. Леденев, М. А. Пороженко, И. В. Матвеева. – Текст : непосредственный // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2021. – № 11 (1047). – С. 23–28.
5. 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. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2017. – № 2 (42). – С. 16–23.
6. Эквивалентные коэффициенты затухания звуковой энергии в помещениях и их использование при расчетах шума в производственных зданиях / В. И. Леденев, А. М. Макаров, И. В. Матвеева, Е. О. Соломатин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 1 (45). – С. 25–32.
7. Маньковский, В. С. Акустика студий и залов для звуковоспроизведения / В. С. Маньковский. – Москва : Искусство, 1966. – 37 с. – Текст : непосредственный.
8. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных зданиях / А. И. Антонов, В. И. Леденев, В. И. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 274 с. – ISBN 978-5-4499-0616-8. – Текст : непосредственный.
9. Antonov A. I. Numerical Method for Impulse Noise Calculation with Diffuse Sound Reflection / A. Antonov, V. Ledenev, I. Shubin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Published 1 March 2021. – Volume 1079, Chapter 3. – doi: 10.1088/1757-899X/1079/4/042044.
10. Gerlach, R. Der Nachhallvorgang als Markoffsche Kette. – Forsch. Akustik. Plenarvortrag und Kurzref. 3, Tag. Dtsch. Arbeitsgemeinsh. Akustik, DAGA-73. – Aachen, 1973. – P. 427–430.



11. Gerlach, R. Der Nachhallvorgang als Markoffsche Kette. Theorie und erste experimentale Überprüfung / R. Gerlach, V. Meliert // *Acustica*. – 1975. – V. 32, № 4. – P. 217–227.
12. Головкин, А. В. Методика оценки процесса реверберации в помещении на основе однородных дискретных цепей Маркова / А. В. Головкин, В. И. Леденев, А. А. Островская. – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие региона : архитектура, строительство, транспорт : материалы VIII Международной научно-практической конференции / Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2021. – С. 194–196.
13. Головкин, А. В. Использование однородных Марковских цепей при оценке распределения звуковой энергии в системах акустически связанных помещений / А. В. Головкин, А. А. Крюкова, А. А. Островская // Устойчивое развитие региона : архитектура, строительство, транспорт : материалы VII Международной научно-практической конференции / Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2020. – С. 194–198.
14. Kuttruff, H. Zur Abhandigkeit der Raumnachhalls von der Wand diffusität und von Raumform / H. Kuttruff, T. Strassen // *Acustica*. – 1980. – V. 45, № 4. – P. 246–255.
15. Kuttruff, H. Stationäre Schallausbreitung in Flachräumen / H. Kuttruff // *Acustica*. – 1985. – V. 57, № 2. – P. 62–67.
16. Заборов, В. И. О пределах применимости расчета отраженного шума по статистической теории / В. И. Заборов, Н. А. Кочергин. – Текст : непосредственный // Доклады III Всесоюзной конференции по борьбе с шумом и вибрацией. Секция «Борьба с шумом». – Челябинск, 1980. – С. 319–322.

ANTONOV Aleksandr Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of architecture and building construction¹; leading researcher²; ZHOGOLEVA Olga Aleksandrovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of urban development and roads¹, researcher²; LEDENYOV Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of urban development and roads¹; leading researcher²; MATVEEVA Irina Vladimirovna¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of urban development and roads

MODELING REVERBERATION PROCESSES IN INDUSTRIAL PREMISES WITH PULSED SOUND SOURCES

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 RAASN,

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

Key words: pulse noise, reverberation time, noise calculation model, Kuttruff integral equation, industrial premises.

The article considers principles of modeling reverberation processes in industrial premises when pulsed sources of sound energy work in them. A method for estimating the standard reverberation time and the coefficients of sound energy loss in rooms using the Kuttruff integral equation is proposed. It is shown that the methodology and the developed computer program for its implementation can be used to assess the accuracy and applicability limits of previously developed methods for calculating the spatiotemporal characteristics of pulse noise in industrial premises.

REFERENCES

1. Suvorov G. A., Likhnitsky 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. Antonov A. I., Ledenyov V. I., Matveeva I. V., Solomatin E. O. Metody otsenki prostranstvenno-vremennykh izmeneniy impulsnogo shuma pri proektirovanii shumozaschity v proizvodstvennykh zdaniyakh [Methods for estimating spatiotemporal changes in pulse noise at designing noise protection in industrial buildings] // *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2021. – № 4(60). – P. 9–16.
3. Ledenyov V. I., Zhogoleva O. A., Porozhenko M. A., Aistov V. A. Issledovanie vliyaniya kharakteristik istochnikov impulsnogo shuma na raspredelenie zvukovoy energii v pomescheniyakh [Investigation of the influence of the characteristics of pulse noise sources on the distribution of sound energy in premises] // *Ustoychivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitelstvo i transport. Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Sustainable development of the region: architecture, construction and transport. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Tambov. gos. tekhn. un-t. Tambov, 2021. – P. 216–218.
4. Antonov A. I., Ledenyov V. I., Porozhenko M. A., Matveeva I. V. Uchyot fonovogo shuma pri proektirovanii shumozaschity v pomescheniyakh s impulsnymi istochnikami zvuka [Consideration of background noise in the design of noise protection in rooms with pulsed sound sources] // *BST: Byulleten stroitelnoy tekhniki* [BCE: Bulletin of Construction Equipment]. – 2021. – № 11 (1047). – P. 23–28.
5. Antonov A. I., Ledenyov V. I., Matveeva I. V., Fyodorova O. O. Vliyanie 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.
6. Ledenyov V. I., Makarov A. M., Matveeva I. V., Solomatin E. O. Ekvivalentnye koeffitsienty zatukhaniya zvukovoy energii v pomescheniyakh i ikh ispolzovanie pri raschyotakh shuma v proizvodstvennykh zdaniyakh [Equivalent coefficients of sound energy attenuation in rooms and their use in calculations of noise in industrial buildings] // *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2018. – № 1(45). – P. 25–32.
7. Mankovsky V. S. Akustika studiy i zalov dlya zvukovosprouzvedeniya [Acoustics of studios and halls for sound reproduction] / Moscow: Iskustvo. – 1966. – 37 p.
8. Antonov A. I., Ledenyov V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty shuma pri proektirovanii shumozaschity v proizvodstvennykh zdaniyakh [Noise calculations in the design of noise protection in industrial buildings] / Moscow; Berlin: Direkt-Media. – 2020. – 274 p. – ISBN 978-5-4499-0616-8.
9. Antonov A. I., Ledenyov V. I., Shubin I. L. Numerical Method for Impulse Noise Calculation with Diffuse Sound Reflection / *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. - Volume 1079, Chapter 3. – Published 1 March 2021. – doi: 10.1088/1757-899X/1079/4/042044.
10. Gerlach R. Der Nachhallvorgang als Markoffsche Kette. – *Forsch. Akustik. Plenarvortr. und Kurzref.* 3, Tag. Deutsch. Arbeitsgemeinsh. Akustik, DAGA-73, Aachen, 1973. P. 427–430.
11. Gerlach R. Der Nachhallvorgang als Markoffsche Kette. Theorie und erste experimentale Überprüfung / R. Gerlach, V. Meliort // *Acustica*, 1975. V. 32. № 4. P. 217–227.
12. Golovko A. V., Ledenyov V. I., Ostrovskaya A. A. Metodika otsenki protsessa reverberatsii v pomeschenii na osnove odnorodnykh diskretnykh tsepey Markova [Methodology for evaluating the reverberation process in a room based on homogeneous discrete Markov circuits] // *Ustoychivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitelstvo, transport. Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Sustainable development of the region: architecture, construction, transport. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Tambov. gos. tekhn. un-t. Tambov, 2021. – P. 194–196.
13. Golovko A. V., Kryukova A. A., Ostrovskaya A. A. Ispolzovanie odnorodnykh Markovskikh tsepey pri otsenke raspredeleniya zvukovoy energii v sistemakh akusticheskikh



svyazannykh pomescheniy [The use of homogeneous Markov circuits in assessing the distribution of sound energy in systems of acoustically connected rooms] // Ustoychivoe razvitiye regiona: arkhitektura, stroitelstvo, transport. Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Sustainable development of the region: architecture, construction, transport. Materials of the VII International Scientific and Practical Conference]. Tambov. gos. tekhn. un-t. Tambov, 2020. – P. 194–198.

14. Kuttruff H., Strassen T. Zur Abhandigkeit der Raumnachhalls von der Wand diffusitat und von Raumform // Acustica. 1980. V. 45. № 4. P. 246–255.

15. Kuttruff H. Stationare Schallausbreitung in Flachräumen // Acustica, 1985. V. 57. № 2. P. 62–67.

16. Zaborov V. I., Kochergin N. A. O predelakh primenimosti raschyota otrazhyonnogo shuma po statisticheskoy teorii [On the limits of applicability of the reflected noise calculation according to statistical theory] // Doklady III Vsesoyuznoy konferentsii po borbe s shumom i vibratsiyey. Sektsiya “Borba s shumom” [Reports of the III All-Union Conference on Combating Noise and Vibration. The section “Fighting the Noise”]. – Chelyabinsk, 1980. – P. 319–322.

© А. И. Антонов, О. А. Жоголева, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, 2022

Получено: 20.06.2022 г.

УДК 699.844

В. В. ДЫМЧЕНКО, канд. техн. наук, доц. кафедры архитектуры;
Д. В. МОНИЧ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВУКА ЧЕРЕЗ КАРКАСНО-ОБШИВНЫЕ ПЕРЕГОРОДКИ С РАЦИОНАЛЬНЫМ КАРКАСОМ И РАЗЛИЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ОБШИВОК

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;
эл. почта: megagrover@yandex.ru

Ключевые слова: каркасно-обшивная перегородка, характеристика самосогласования волновых полей, коэффициент резонансного прохождения звука, коэффициент инерционного прохождения звука.

Представлено исследование влияния материала листовых обшивок на параметры резонансного и инерционного прохождения звука через каркасно-обшивные перегородки с сигма-образными стоечными профилями. Рассмотрены три материала листовых обшивок. Определены соотношения физико-механических параметров перегородок, позволяющие эффективно использовать резервы повышения звукоизоляции. Построены и проанализированы частотные характеристики коэффициентов резонансного и инерционного прохождения звука через перегородки с тремя материалами листовых обшивок.

Из экспериментов различных исследователей известно, что материал обшивки перегородок оказывает существенное влияние на их звукоизоляцию в широком диапазоне частот [1, 2]. В работе [3] проведены исследования рационального сечения стоечных профилей звукоизолирующих каркасно-обшивных перегородок. Влияние данных элементов на прохождение звука через каркасно-обшивную перегородку можно условно разделить на две составляющие: 1) непосредственная передача звуковых колебаний от одной обшивки к другой (звуковой мостик);



2) изменение жесткостных параметров ограждения в целом.


В рамках данного исследования были рассмотрены перегородки с тремя типами обшивок, охватывающими достаточно широкий диапазон характеристик по поверхностной плотности и цилиндрической жесткости: гипсоволокнистые листы (ГВЛ) толщиной 12,5 мм, цементно-стружечные плиты (ЦСП) толщиной 16 мм, ориентированно-стружечные плиты (ОСП) толщиной 9,5 мм.

Для исследования жесткостных параметров ограждения рассмотрим каркасно-обшивную перегородку как условное однослойное ограждение в соответствии с методикой, разработанной в работе [4]. При этом отношение поверхностной плотности к цилиндрической жесткости (μ/D) запишется в виде $(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{пр}}$, где μ_1, μ_2 – поверхностные плотности обшивок, кг/м²; $D_{\text{пр}}$ – приведенная жесткость перегородки, Па·м³. Данное рассмотрение позволяет учесть совместное влияние стоечных профилей каркаса и обшивок.

Во всех перегородках использовался сигма-образный стоечный профиль каркаса, подробно исследованный в работе [4]. Характеристики данного профиля приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры сигма-образного стоечного профиля каркаса

Тип стоечного профиля	Схема поперечного сечения стоечного профиля	Изгибная жесткость стоечного профиля, EJ , кНм ²	Крутильная жесткость стоечного профиля, GJ_{ρ} , кНм ²
Сигма-образный		7,102	0,943

В расчетно-вычислительном комплексе “*Structure CAD*” было проведено численное моделирование каркасно-обшивных перегородок с различными типами обшивок по методике, описанной в работе [5]. В результате получены значения смещений лицевых поверхностей обшивок (см. табл. 2), а затем определены приведенные жесткости перегородок ($D_{\text{пр}}$ Па·м³) по формуле:

$$D_{\text{пр}} = 5ql^4 / (384\delta_1), \quad (1)$$

где q – звуковое давление, выраженное через равномерно распределенную по площади ограждения нагрузку, Па; l – шаг стоечных профилей каркаса, м; a – длина ограждения, м; δ_1 – максимальное смещение лицевой поверхности обшивки от воздействия звукового давления, м.

Таблица 2

Результаты численного моделирования каркасно-обшивных перегородок с различными материалами листовых обшивок

Наименование параметра	Материал листовых обшивок		
	ГВЛ толщиной 12,5 мм	ЦСП толщиной 16 мм	ОСП толщиной 9,5 мм
Максимальное смещение лицевой поверхности обшивки от воздействия звукового давления, δ_1 , мм	0,044	0,0219	0,0635
Приведенная жесткость перегородки, $D_{\text{пр}}$ Па·м ³	61,364	123,288	42,520

Анализируя полученные данные, можно видеть, что материал листовых обшивок оказывает существенное влияние на приведенную жесткость каркасно-обшивной перегородки. В табл. 3 приведены значения отношения $(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{ПР}}$ для исследованных материалов листовых обшивок.

Таблица 3

Отношение $(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{ПР}}$ для исследуемых материалов листовых обшивок

Материал листовых обшивок	$(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{ПР}}$, кг/(Па·м ⁵)
ГВЛ толщиной 12,5 мм	0,495
ЦСП толщиной 16 мм	0,38
ОСП толщиной 9,5 мм	0,33

Учитывая, что характеристика самосогласования волновых полей A_0 [6] находится в обратно пропорциональной зависимости от отношения $(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{ПР}}$, можно сделать вывод, что наиболее рациональный вариант жесткостных параметров перегородки соответствует комбинации сигма-образного стоечного профиля каркаса с обшивками из ГВЛ толщиной 12,5 мм, которому соответствует максимальное значение отношения $(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{ПР}} = 0,495$ кг/(Па·м⁵).

На рис. 1 представлено сравнение частотных характеристик самосогласования A_0 для перегородок с тремя исследуемыми материалами листовых обшивок. На рис. 1–3 использованы следующие обозначения: ПрПР – область простых пространственных резонансов; НПР – область неполных пространственных резонансов; ППР – область полных пространственных резонансов; $f_{\Gamma_{mn0}}$ – граничная частота области НПР; $f_{\Gamma_{mn}}$ – граничная частота области ППР для листовых обшивок.

Теоретические исследования выполнены по теории самосогласования волновых полей [6]. Расчеты параметров резонансного и инерционного прохождения звука через исследуемые каркасно-обшивные перегородки проведены по методу, разработанному в работе [4].

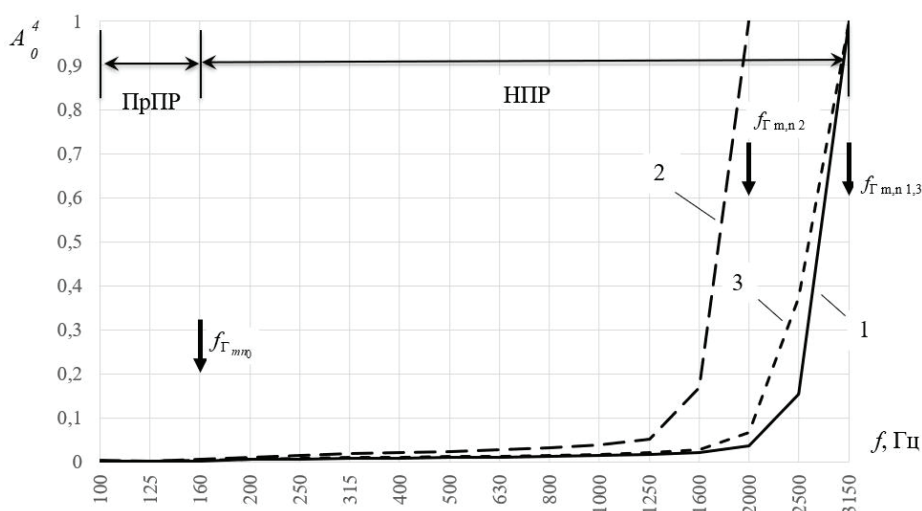


Рис. 1. Частотные характеристики самосогласования волновых полей каркасно-обшивных перегородок (размер 2,0 м × 1,2 м, воздушный промежуток 75 мм), с различными материалами листовых обшивок: 1 – ГВЛ толщиной 12,5 мм; 2 – ЦСП толщиной 16 мм; 3 – ОСП толщиной 9,5 мм

Анализируя представленные данные, можно видеть, что наименьшие значения характеристики самосогласования соответствуют перегородке с листовыми обшивками из ГВЛ, имеющей максимальное значение отношения $(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{ПР}}$. Рациональное сочетание сигма-образных стоечных профилей каркаса и листовых обшивок из ГВЛ приводит к эффективному снижению характеристики самосогласования волновых полей по сравнению с другими вариантами.

Далее были определены значения коэффициентов резонансного и инерционного прохождения звука для исследуемых каркасно-обшивных перегородок с различными материалами обшивок (см. рис. 2, 3). Расчет данных параметров проведен по методу, разработанному в работе [4].

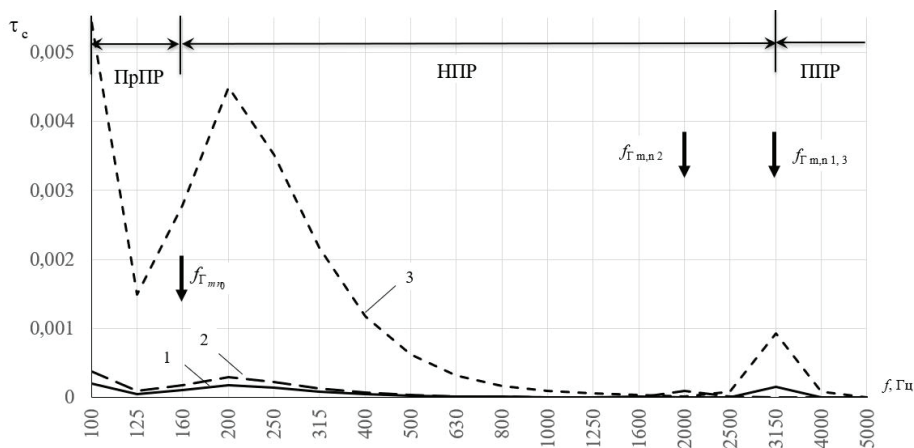


Рис. 2. Частотные характеристики коэффициентов резонансного прохождения звука для каркасно-обшивных перегородок (размер 2,0 м × 1,2 м, воздушный промежуток 75 мм), с различными материалами листовых обшивок: 1 – ГВЛ толщиной 12,5 мм; 2 – ЦСП толщиной 16 мм; 3 – ОСП толщиной 9,5 мм

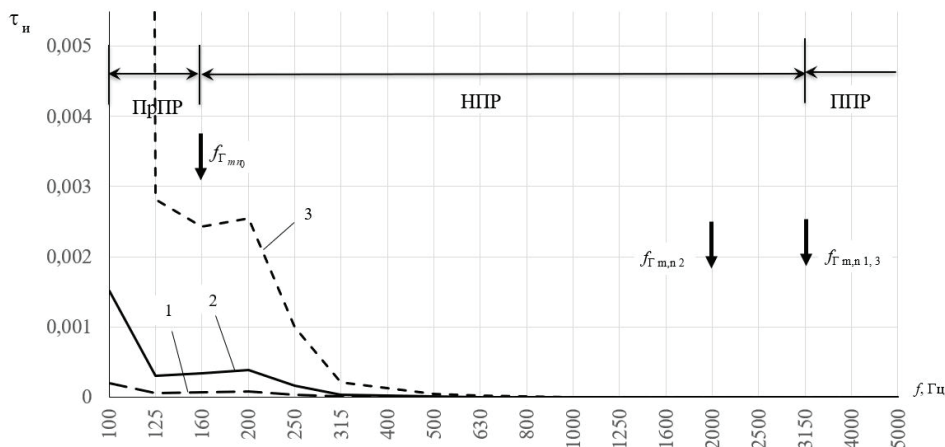


Рис. 3. Частотные характеристики коэффициентов инерционного прохождения звука для каркасно-обшивных перегородок (размер 2,0 м × 1,2 м, воздушный промежуток 75 мм), с различными материалами листовых обшивок: 1 – ГВЛ толщиной 12,5 мм; 2 – ЦСП толщиной 16 мм; 3 – ОСП толщиной 9,5 мм



Анализируя данные, представленные на рис. 2, 3, можно видеть, что наименьшие значения коэффициентов резонансного и инерционного прохождения звука соответствуют перегородке с обшивками из ГВЛ толщиной 12,5 мм, для которой отношение $(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{пр}}$ имеет максимальное значение по сравнению с другими материалами обшивок.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что для эффективного использования резервов повышения звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок, определенных в работе [4], необходимо применять рациональное сочетание стоечных профилей каркаса и листовых обшивок, которое определяется величиной отношения $(\mu_1 + \mu_2)/D_{\text{пр}}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sound transmission through lightweight double-leaf partitions: theoretical modelling / J. Wang, T. J. Lu, J. Woodhouse, R. S. Langley, J. Evans // *J. Sound Vib.* – 2005. – Volume 286. – P. 817–847.
2. Боголепов, И. И. Увеличение звукоизоляции двустенных конструкций за счет применения звукоизолирующих мостиков / И. И. Боголепов // *Инженерно-строительный журнал.* – 2009. – № 2. – С. 46–53.
3. Jan, C. E., Van den Wyngaert. Shape optimization of studs in double-leaf plasterboard walls for maximal boardband sound insulation and minimal material use / Jan C. E., Van den Wyngaert, M. Schevenels, Edwin P. B. Reynders // *Applied Acoustics.* – 2021. – Volume 183. – DOI:10.1016/J.APACOUST.2021.108307.
4. Дымченко, В. В. Звукоизоляция каркасно-обшивных перегородок с одинарным каркасом : специальность 05.23.01: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Дымченко Владимир Викторович. – Москва, 2019. – 168 с.
5. Численное моделирование звукоизолирующих каркасно-обшивных перегородок с различными типами стоечных профилей / В. Н. Бобылев, В. В. Дымченко, Д. В. Монич, П. А. Хазов // *Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет.* – Нижний Новгород, 2018. – № 1. – С. 20–24.
6. Седов, М. С. Звукоизоляция / М. С. Седов // *Техническая акустика транспортных машин : справочник* / под редакцией Н. И. Иванова. – Санкт-Петербург : Политехника, 1992. – Глава 4. – С. 68–106.

DYMCHENKO Vladimir Viktorovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of architecture; MONICH Dmitry Viktorovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture

RESEARCH OF THE PARAMETERS OF SOUND TRANSMISSION THROUGH FRAME-SHEATHED PARTITIONS WITH A RATIONAL FRAME AND VARIOUS SHELLING MATERIALS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: megagrover@yandex.ru

Key words: frame-sheathed partition, characteristic of self-consistency of wave fields, resonant sound transmission coefficient, inertial sound transmission coefficient.



The article presents a study of the influence of the material of sheet skins on the parameters of resonant and inertial sound transmission through frame-sheathed partitions with sigma-shaped rack profiles. Three materials of sheet skins are considered. The ratios of the physical and mechanical parameters of the partitions are determined, which make it possible to use effectively reserves for increasing sound insulation. The frequency characteristics of the coefficients of resonant and inertial passage of sound through partitions with three sheeting materials are constructed and analyzed.

REFERENCES

1. Wang J., Lu T. J., Woodhouse J., Langley R. S., Evans J. Sound transmission through lightweight double-leaf partitions: theoretical modelling // J. Sound Vib., 2005. Vol. 286. P. 817–847.
2. Bogolepov I. I. Uvelichenie zvukoizolyatsii dvustennykh konstruktсий za schyot primeneniya zvukoizoliruyuschikh mostikov [Increasing the sound insulation of double-walled structures through the use of soundproof bridges]. Inzhenerno-stroitelny zhurnal [Engineering and Construction Journal]. 2009, № 2. – P. 46–53.
3. Van den Wyngaert, Jan C. E. Shape optimization of studs in double-leaf plasterboard walls for maximal boardband sound insulation and minimal material use // Applied Acoustics. 2021. – Volume 183. – DOI:10.1016/J.APACOUST.2021.108307.
4. Dymchenko V. V. Zvukoizolyatsiya karkasno-obshivnykh peregorodok s odinarnym karkasom [Sound insulation of frame-sheathed partitions with a single frame]: dis... kand. tekhn. nauk. – Moscow, 2019. – 168 p.
5. Bobilyov V. N., Dymchenko V. V., Monich D. V., Khazov P. A. Chislennoe modelirovanie zvukoizoliruyuschikh karkasno-obshivnykh peregorodok s razlichnymi tipami stoechnykh profily [Numerical simulation of sound-insulating framed partitions with various types of frame profiles]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018. № 1. – P. 20–24.
6. Sedov M. S. Zvukoizolyatsiya. Tekhnicheskaya akustika transportnykh mashin [Sound insulation. Technical acoustics of vehicles]: spravochnik, pod red. N. I. Ivanova. Saint-Petersburg: Politehnika, 1992. Ch. 4. P. 68–106.

© В. В. Дымченко, Д. В. Монич, 2022

Получено: 28.06.2022 г.

УДК 624.074.24

В. Д. АНТОШКИН, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой зданий, сооружений и автомобильных дорог

СБОРНЫЕ СФЕРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ С ШЕСТИУГОЛЬНЫМИ ПАНЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ СЕТИ ЧЕБЫШЕВА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»

Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. Тел.: (8342) 24-37-32;

факс: (8342) 47-29-13; эл. почта: antovd@mail.ru

Ключевые слова: сборная пространственная структура, сферическая оболочка, конструктивно-технологическое решение, окружность, панель, шестиугольник, разрезка, пирамида.



Рассмотрены вопросы конструктивно-технологического формообразования одно- и двупоясных оболочек на основе пространственной сети Чебышева; предложены и исследованы несколько конструктивно-технологических методов образования треугольных сетей на сфере с шестиугольными монтажными панелями, которые названы системой «Чант». Критерием оптимальности является минимальное число типоразмеров конструктивных деталей и минимальное число монтажных элементов купола, возможности укрупнительной сборки и предварительного напряжения.

Во всех конструктивных решениях куполов просматривается тенденция применения уже на стадии разрезки и формообразования этих покрытий эффективных технологических решений изготовления отдельных элементов, стеновой укрупнительной сборки сегментов куполов, возведения их с обеспечением заданной точности монтажа покрытия в целом или основных его несущих конструкций. Учитывая, что не все возможности разбиения сферы на панели или стержни еще исчерпаны и что преобладающее количество сетчатых куполов построено на сфере, проанализируем решения сборных сферических куполов из шестиугольных панелей и треугольных панелей между ними исходя из построений на сфере треугольной сети [4].

Оптимизация треугольной геометрической сети на сфере по критерию минимума типоразмеров элементов может быть представлена и решена размещением правильных и неправильных шестиугольников, вписанных в окружности равных радиусов, например, в сферических секторах, показанных на рис. 1 и 2. Кроме перечисленных вариантов применения свойств симметрии главных линий-окружностей сферы, в подобных разрезках реализованы возможности центральной симметрии окружностей. Использование указанных окружностей для построения геометрической сети из треугольников и шестиугольников позволяет на 5–30 % снизить число типоразмеров монтажных элементов купола, получить при необходимости плоские шестиугольные панели, а также воспользоваться конструктивными преимуществами предварительного напряжения.

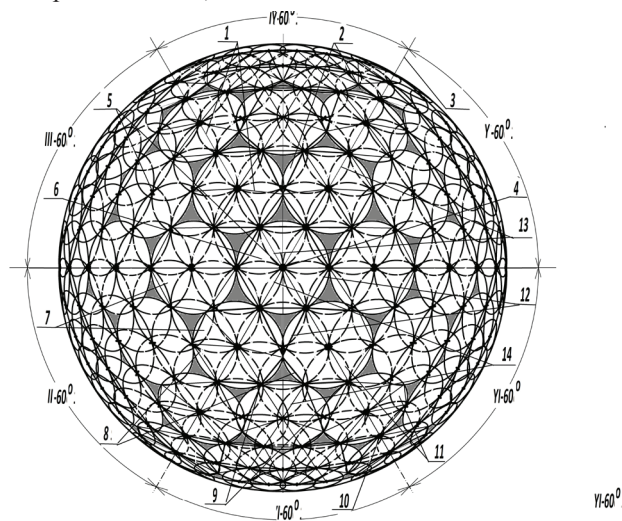
Инновационные конструктивно-технологические формы купольных покрытий в виде сферических оболочек должны обеспечивать реализацию всех вышеизложенных принципов и подходов уже на стадии геометрической разрезки сферы. Предлагаемые авторами геометрические схемы членения сферической оболочки разработаны путем использования в качестве исходной основы разрезки и распределения Чебышева в сферических секторах – 60°. Каждая разновидность разрезки как геометрическая основа имеет свои архитектурные, технологические и конструктивные возможности и будет оптимальна только для определенного вида куполов или оболочек. Отсюда следует, что должны быть предложены, рассчитаны и проработаны параметры нескольких типов разрезов, чтобы в конкретной проектной ситуации можно было выбирать тот вариант, который был бы оптимален для конкретного проектируемого здания или сооружения.

Нами предложены и исследованы несколько конструктивно-технологических методов образования треугольных сетей на сфере с шестиугольными монтажными панелями, которые названы системой «Чант». В каждом из них критерием оптимальности является минимальное число типоразмеров конструктивных деталей и минимальное число монтажных элементов купола, возможности укрупнительной сборки и предварительного напряжения.

Суть предложенного первого варианта разрезов «Чант» заключается в том, что сборная сферическая оболочка включает шестиугольные каркасные пирами-

дальние панели с центрами на соответствующих узлах Чебышева и между ними треугольные панели, разнотипные марки которых одинаковым образом расположены в пределах секторов 60° , имеющих общую вершину в центре панели, выполненной в виде правильной шестиугольной панели-пирамиды, каждая следующая пирамида неправильная, но с плоским основанием и состоит из шести состыкованных равнобедренных треугольников, соединяется с соседними через треугольные панели между ними. Оба типа панелей имеют узлы с узловыми элементами, которые образуют одинаковые ряды, позволяющие использовать оболочку для поясов двухпоясной структуры. В пределах секторов, составляющих 60° , все узлы основания шестиугольных панелей-пирамид описаны окружностями одного радиуса (равного боковой стороне равнобедренного треугольника), проведенного из существующих центров панелей-пирамид, благодаря этому внутри секторов плоские основания смежных шестиугольных панелей пирамид соединены между собой узлами в одной из двух точек пересечения указанных окружностей с соответствующими центрами, стороны треугольных панелей между шестиугольными панелями пирамидами не равны между собой.

Для первого варианта решений в пределах секторов, составляющих 60° в сборных сферических оболочках шестиугольные панели выполнены с углами, описанными окружностями с равными радиусами только из центров Чебышева, лежащих на сфере в шахматном порядке. Между шестиугольными панелями расположены треугольные панели (несущие или ненесущие), углы шестиугольных панелей описаны своими радиусами из центров панелей, смежные шестиугольные панели соединены между собой в точках пересечения и в точках касания окружностей, описывающих панели. Панель на вершине купола выполнена одного радиуса и также в виде правильного шестиугольника. Шестиугольные панели могут быть выполнены также, в свою очередь, из треугольных панелей с узлом соединения в центре шестиугольной панели (центре окружности, в которую они вписаны). На рис. 1а изображен вид сверху сборной сферической оболочки с шестью секторами в плане, составляющими 60° ; на рис. 1б – вид сбоку сборной сферической оболочки с шестью секторами в плане, составляющими 60° .



а

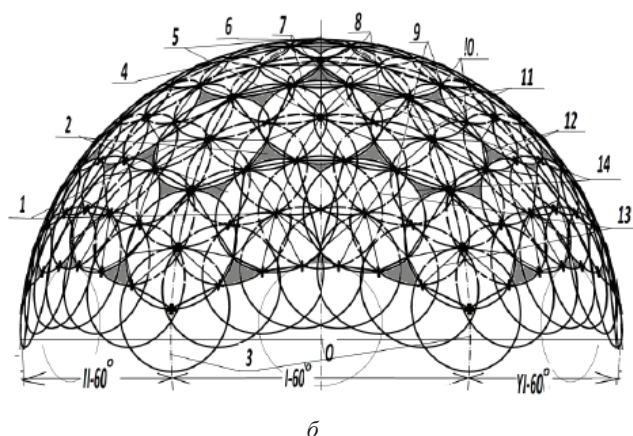


Рис. 1. Схема сборной сферической оболочки из 6 секторов с углами на вершине 60° с разрезкой из шестиугольных панелей одного радиуса с треугольными вставками между ними: *а* – вид сверху; *б* – вид сбоку; 1 – панели в виде плоских шестиугольников; 2 – треугольные панели (выделены серым цветом); 3 – сектора; 4 – общая вершина оболочки; 5 – центр панели; 6 – панель на вершине купола в виде правильного плоского шестиугольника; 7 – равнобедренные треугольники; 8 – стороны; 9 – узлы; 10 – узловые элементы; 11 – основание шестиугольных панелей-пирамид; 12 – окружности одного радиуса; 13 – боковая сторона равнобедренного треугольника; 14 – точки пересечения указанных окружностей

Сборная сферическая оболочка (рис. 1*а, б*) включает шестиугольные каркасные пирамидальные панели 1 и между ними треугольные панели 2, разнотипные марки которых одинаковым образом расположены в пределах секторов 3 в 60° , имеющих общую вершину 4 в центре панели 5, выполненной в виде правильной шестиугольной пирамиды 6, каждая следующая пирамида 6 неправильная, имеет неплоское основание и состоит из шести, состыкованных к вершине 4 всегда с помощью четырех оснований и восьми ребер, равнобедренных треугольников 7. Между панелями-пирамидами 6 находятся треугольные панели 2, стороны 8 которых имеют убывающие размеры от центральной панели-пирамиды 6 к периферии, причем оба типа панелей имеют узлы 9 с узловыми элементами 10, которые образуют одинаковые ряды, позволяющие использовать оболочку для двухпоясной структуры [1–2].

В пределах секторов 3, составляющих 60° , все узлы 9 основания 11 шестиугольных панелей-пирамид 1 и 6 описаны окружностями 12 одного радиуса (равного боковой стороне 13 равнобедренного треугольника), проведенного из существующих центров 5 панелей-пирамид 1 и 6, благодаря этому внутри секторов 3 плоские основания 11 смежных шестиугольных панелей-пирамид 1 и 6 соединены между собой узлами 9 в одной из двух точек 14 пересечения указанных окружностей с соответствующими центрами 5, стороны 8 треугольных панелей между шестиугольными пирамидами 1 и 6 не равны между собой и являются смежными сторонами 8 плоских оснований панелей-пирамид 1.

Во втором варианте для секторов, составляющих 60° , сферическая оболочка выполнена на основе разрезки Чебышева окружностями одного радиуса, равного половине дуги меридиональной стороны равнобедренного треугольника этой разрезки, проведенными вокруг каждого центра указанной разрезки. На рис. 2 показан фрагмент сектора, где выполнена двухпоясная оболочка с разреженным верхним

поясом, состоящая из каркасных шестиугольных панелей. Сборная сферическая оболочка выполнена на основе разрезки элементов одного из поясов – разрезки Чебышева. Узлы основания шестиугольных панелей-пирамид описаны окружностями одного радиуса, равного половине дуги боковой стороны равнобедренного треугольника крупной разрезки, проведенного из каждого центра указанной разрезки. Плоские основания смежных шестиугольных панелей соединены узлами между собой в точках касания указанных окружностей и могут быть выполнены не только в виде пирамидальных, но и образованных основанием пирамидальных панелей, плоских шестиугольных панелей (т. е. с разреженной разрезкой в поясе и с использованием радиусов-ребер в решетке), а вместе с другим поясом в виде сферической основы другого радиуса с указанной разрезкой из треугольных каркасных панелей могут образовывать двухпоясную структуру [4]. Сборная оболочка, показанная на фрагменте сектора 3 (рис. 2) выполнена на основе вдвое более частой разрезки 22 (чем по первому варианту) одного из поясов 23.

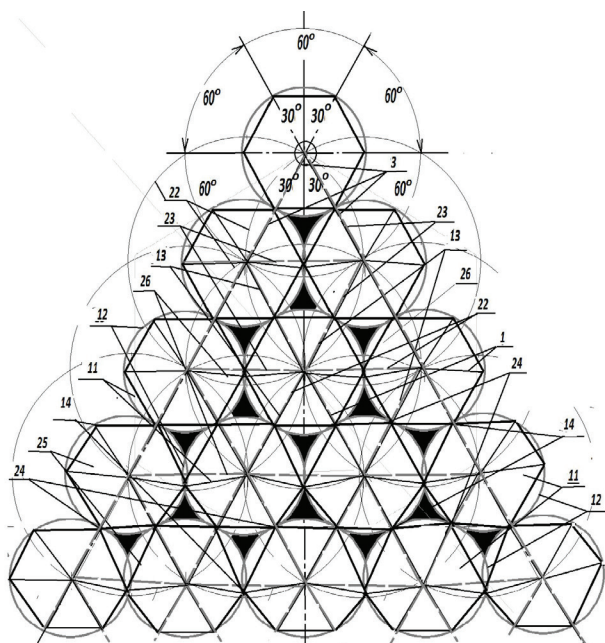


Рис. 2. Схема сборной сферической оболочки из 6 секторов с углами на вершине 60° с разрезкой из шестиугольных панелей одного радиуса с треугольными вставками между ними: 1 – панели в виде плоских шестиугольников; 2 – треугольные панели (выделены черным цветом); 3 – сектора; 4 – общая вершина оболочки; 5 – центр панели; 6 – панель на вершине купола в виде правильного плоского шестиугольника; пояснения п. п. 7–14 на рис. 1; 22 – вдвое более крупная разрезка; 23 – другой пояс; 24 – точка касания окружностей; 25 – плоские шестиугольные панели; 26 – треугольные каркасные панели

Узлы 9 основания 11 шестиугольных панелей-пирамид 1 описаны окружностями 12 одного радиуса (равного половине дуги боковой стороны 13 равнобедренного треугольника крупной разрезки), проведенного из каждого центра 5 указанной разрезки. Благодаря этому плоские основания 11 смежных шестиугольных панелей соединены между собой в точках касания 24 указанных окружностей 12 и могут быть выполнены из плоских шестиугольных панелей 25 (с разреженной



разрезкой), а вместе с другим поясом 23 с вдвое более крупной разрезкой 22 из треугольных каркасных панелей 26 образуют двухпоясную структуру.

Распределение Чебышева представляет теоретическую основу размещения максимального числа окружностей одного радиуса практически на половине сфере, с учетом двух касаний и одного пересечения трех смежных окружностей и образования между ними треугольника [2–16]. На схемах показано, как с помощью этих сегментов можно разместить окружности в секторе под наклоном 60° к экватору или под наклоном 30° к экватору. Для разработки алгоритма геометрического расчета разрезов предлагаемых конструктивно-технологических систем воспользуемся методикой расчета сети Чебышева, а для определения положения точки по половине дуги-радиусу – известным решением системы уравнений трех сфер с радиусом оболочки и радиусами, равными половине дуги-радиуса разрезки Чебышева. Для решения указанной проблемы предложены автоматизированные средства в системах *ArchiCAD*, *AvtoCAD* и *LIRA 9.4*, дополненных специальными программными элементами [2–19].

С учетом ограничений, которые дают разрезы на основе секторов 60° , получаем оптимальную для пролета 24 м по критерию минимума типоразмеров разрезку на сфере с пятью рядами окружностей (см. рис. 2), состоящую из монтажных только шестиугольных панелей 11 типоразмеров, т. е. из одной правильной шестиугольной панели, 12 неправильных шестиугольных панелей и 12 треугольных панелей-вставок (из стержней всего 16 типоразмеров, число типов стержней определяем из выражений в виде $2n$ для 5 рядов шестиугольников (где n – число рядов разрезки). Количество типоразмеров стержней сопоставимо с разрезкой подобной однопоясной оболочки Фуллера и на 25 % меньше, чем число типоразмеров с применением только разрезки Чебышева в обоих поясах. Число типоразмеров монтажных элементов или панелей на 25 % меньше, чем у Фуллера и на 45 % меньше, чем у Чебышева. При этом по сравнению с указанными разрезками, в наших разрезах все шестиугольные панели могут быть выполнены плоскими и все раскосы структур одной длины. Опорный контур сборной оболочки выполняется в виде шести арок радиусом 42,1645 м (рис. 2), выполненных по окружностям, проходящим через точку «надир» и углы опорных шестиугольных панелей.

На рис. 3 показан узел соединения шестиугольных панелей каркасной оболочки, который выполнен с переломом вне несущего узлового элемента. Сборная сферическая оболочка изготовлена каркасной из прямоугольных труб-стержней, которые сплюснены в торцах для присоединения на сварке торцевых парных фланцев. Фланцы обеспечивают переломы в узлах, приторцованы к узловым элементам, выполнены с резьбовым отверстием и присоединены с помощью болтов к узловым элементам, также имеющим отверстия, позволяющие изменения углов между трубами-стержнями каркаса покрытия в плоскости покрытия [4]. Сборная сферическая оболочка может быть выполнена каркасной из прямоугольных труб-стержней 15, узел 9 соединения которых показан на (рис. 3). Трубы 15 стержневых элементов сплюснены в торцах 16 для присоединения на сварке 17 торцевых парных фланцев 18, фланцы 18 обеспечивают переломы в узлах 9, приторцованы к узловым элементам 10, выполненным с резьбовым отверстием 19, и присоединены с помощью болтов 20 к узловым элементам 10, также имеющим отверстия 21, позволяющие изменения углов наклона прямоугольных труб-стержней 15 каркаса покрытия в плоскости покрытия.

Изготовление и сборка сборной сферической оболочки могут быть осуществлены в виде каркаса из прямоугольных труб-стержней 15, узел 9 соединения ко-

торых показан на рис. 3. Трубы 15 стержневых элементов сплющиваются в торцах 16, для присоединения на сварке 17 торцевых парных фланцев 18, фланцы 18 обеспечивают переломы в узлах 9, приторцовываются к узловым элементам 10, выполненным с резьбовым отверстием 19, и присоединены с помощью болтов 20 к узловым элементам 10, которые выполнены с отверстиями 21, позволяющими изменения углов наклона прямоугольных труб-стержней 15 каркаса покрытия в плоскости покрытия. Монтаж сборной строительной сферической оболочки покрытия зданий из шестиугольных 25 или плоских круговых панелей 26 (рис. 4) производится их укрупнением в панели с неполными узлами, но временным раскреплением панелей фасонками и болтами, и с узлами 9 с узловыми элементами 10 и установкой их в проектное положение и завершением крепления узловыми элементами. После этого устанавливаются светопрозрачные треугольные панели 2. Демонтаж оболочек для всех вариантов происходит в обратном порядке.

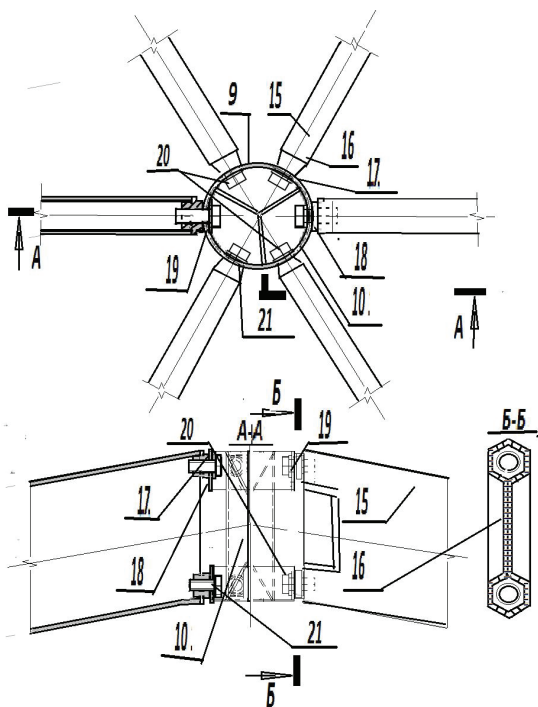


Рис. 3. Узел соединения однослойной или однопоясной сборной сферической оболочки диаметром 24 м (12 м между опорами) из 6 секторов с углами на вершине 60° с разрезкой из шестиугольных панелей с треугольными вставками между ними: 15 – прямоугольные трубы-стержни; 16 – сплюснутые торцы труб; 17 – соединения на сварке торцевых парных фланцев; 18 – фланцы; 19 – резьбовые отверстия; 20 – болты; 21 – отверстия узловых элементов (пояснения по остальным п. п. на рис. 1–2, так как нумерация на рисунках сквозная)

На основе секторов 60° на сфере для пролета 200 м получаем оптимальную по критерию минимума типоразмеров разрезку на сфере [10–25] с пятнадцатью рядами окружностей (см. рис. 4), состоящую из одной правильной шестиугольной панели, 72 неправильных шестиугольных панелей и 80 треугольных панелей-вставок (для стержней – всего 125 типоразмеров). Предлагаемое решение пирами-

дальних панелей с плоскими основаниями может быть даже ниже экватора сферы; вместе с решением узлов с эффективным переломом только за счет торцевых фланцев, а также решение, сочетающее расположение пирамидальных панелей по кратчайшим расстояниям радиусов в одном поясе, соединенным раскосами одной длины с другим поясом с разрезкой Чебышева, дают выдающиеся положительные качества конструкциям покрытия.

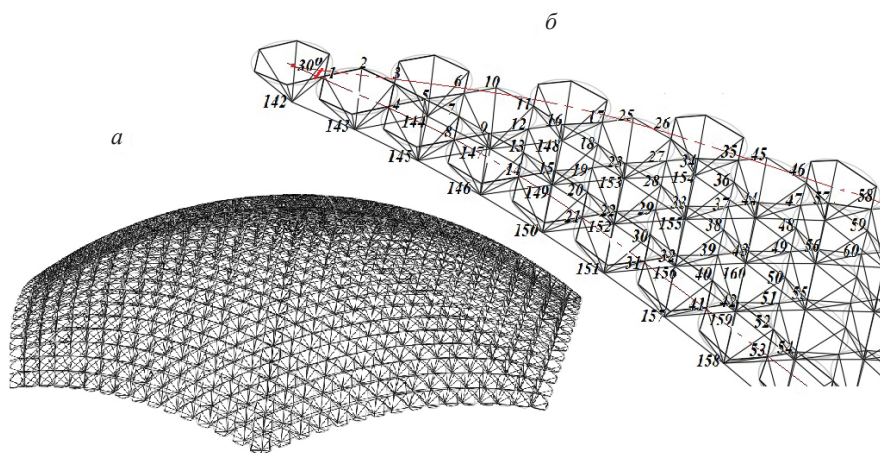


Рис. 4. Схема сборной сферической оболочки диаметром 200 м из 6 секторов с углами 60° с разрезкой из шестиугольных панелей с треугольными вставками между ними

По сравнению с подобными разрезками Фуллера, наша структура имеет сопоставимое число типоразмеров стержней, меньшее число панелей, но главное, имеет все панели – плоские или пирамидальные с плоским основанием; все раскосы одной длины, что значительно уменьшает число типоразмеров узлов, улучшает возможности укрупнительной сборки.

Координаты оболочки (рис. 4а, б) диаметром 200 м наиболее эффективной разрезки приведены в таблице.

На основе анализа систем разбиения сферы в пределах секторов составлены базовые сферические структуры, которые предоставляют следующие три системы разбивки оболочки:

- одноконтурная система из плоских или пространственных шестиугольников с треугольниками между ними (система «Ч60», рис. 1–2);
- двухконтурная система, состоящая из шестигранных ячеек перекрестно-ребристых структур (система «Ч60П», рис. 1);
- двухконтурная система, состоящая из шестигранных пирамид, вершины которых соединены стержнями нижнего пояса (система «Ч60ПС», рис. 2–5).

Системы разрезок показанного способа образования треугольных и шестиугольных сетей обозначены цифровыми и буквенными индексами. Системы «Ч60» и «Ч72» это такая разбивка, которая позволяет собирать купол из плоских (складчатых, сферических) треугольных и шестиугольных панелей на основе секторов с углом при вершине 60 и 72° (см. рис. 1–2). Разрезки способа «Ч60П» дают воз-



возможность собирать (двухуровневый) купол такой же разрезки, что и у однополюсных куполов «Ч60», но из шестиугольных перекрестно-ребристых каркасов, а разрезки «Ч60ПС» – в виде двухполюсных перекрестно-стержневых структур (см. рис. 2–5).

Координаты узлов структуры части сектора для диаметра 200 м

Номер узла	X	Y	Z
Координаты верхнего пояса с шестиугольниками			
1	-2266.7314	1308.698	99954.3178
2	0	2617.3959	99954.3178
3	-2266.7314	-1308.698	99954.3178
4	2266.7314	1308.698	99954.3178
5	0	-2617.3959	99954.3178
6	2266.7314	-1308.698	99954.3178
7	4531.9095	-0.8968	99885.8259
8	2265.1781	3925.1971	99885.8259
9	4528.803	5232.1016	99748.8419
10	6795.5344	1306.0077	99748.8419
11	6793.9811	3922.5068	99680.35
12	6628.9138	6360.5167	99567.2523
13	8921.1058	2613.9666	99555.4994
14	6790.9466	9139.3061	99337.985
15	9042.0992	7837.8395	99269.9607
16	11308.8177	3911.7679	99269.9607
17	11302.6006	6525.5595	99133.1663
18	6620.9004	11467.7359	99079.7525
19	11207.1272	8979.9204	98951.8961
20	13380.4028	5215.6967	98951.8961
21	9029.6241	13043.8875	98722.0306
22	11290.1855	11726.2659	98654.6644
23	13527.4548	10427.4946	98518.9919
24	15794.2195	6501.3812	98518.9888
25	15780.2489	9110.731	98314.2649
26	11133.5468	14098.5173	98287.9817
27	17916.8874	7808.9881	98127.7963
28	15721.2257	11611.9856	98127.7963
29	13529.9601	15623.4848	97829.3509
30	11274.5685	16885.5597	97826.8494
31	15775.1143	14271.1691	97699.6986
32	17972.697	12993.9176	97497.9826
33	20239.4284	9067.8237	97497.9826
34	11058.2438	19153.44	97487.7119
35	15587.9049	16624.1148	97347.295
36	20214.6445	11670.9502	97225.8889
37	20106.9498	14088.4221	96994.8795
38	22254.4064	10368.9183	96994.8795
39	15726.4401	19467.9455	96885.7526
40	13456.2466	20763.2306	96878.5867
41	17941.7784	18163.6046	96674.0742
42	20179.3614	16820.0596	96475.596
43	15472.2777	21644.0665	96369.6293
44	24632.2688	11604.0314	96209.7411
45	22365.5375	15530.1253	96209.7411
46	19925.3448	19060.8397	96033.9396
47	24593.6503	14199.1309	95871.0251
48	15716.3413	24512.542	95639.7234

Номер узла	X	Y	Z
49	24443.5287	16548.194	95599.2642
50	26552.9207	12894.6198	95599.2642
51	17881.0546	23288.538	95580.6368
52	20113.4035	21931.7002	95376.5089
53	22318.4652	20675.9407	95247.5361
54	15383.3871	26644.808	95116.8912
55	24539.773	19315.9526	94986.7388
56	19822.6962	24090.6655	94980.2572
57	26693.952	18029.1761	94657.7954
58	28960.7005	14103.0525	94657.7954
59	24274.8632	21544.5959	94560.1769
60	28905.2296	16688.4224	94253.3855
61	17834.2093	28346.677	94213.0776
62	20080.9207	26999.4763	94172.6548
63	22217.092	25769.9406	94021.568
64	30804.7609	15381.2065	93940.8075
65	28722.896	18987.1022	93940.8075
66	24470.4394	24438.177	93901.7399
67	19706.9898	29051.8567	93603.2268
68	26624.2559	23147.291	93557.8629
69	24108.293	26504.8427	93329.905
70	28826.283	21769.0838	93235.2582
71	33212.8593	16558.0376	92846.3993
72	30946.128	20484.1315	92846.3993
73	28479.1927	23890.2001	92740.0914
74	20016.6989	31973.4887	92576.0431
75	22153.3675	30788.7045	92514.7868
76	24378.2527	29410.6018	92387.0031
77	33137.5811	19131.9914	92377.4003
78	26476.0442	28206.7396	92201.5278
79	34933.5133	17814.2491	92045.3867
80	32894.349	21346.1854	92045.3867
81	19601.383	33950.5912	91966.0802
82	28677.2365	26829.9243	91866.0718
83	23957.9412	31419.9525	91827.7079
84	30847.1914	25570.7358	91609.4489
85	28315.9665	28877.5637	91422.9496
86	33051.8262	24291.4232	91348.7247
87	35110.3421	22888.3811	90780.5176
88	37377.0735	18962.2872	90780.5176
89	32658.2429	26297.1667	90753.4634
90	22050.3327	35721.3413	90749.7121
91	24293.4632	34367.8212	90725.1857
92	26388.6136	33181.9551	90555.6496
93	28602.8526	31789.0364	90399.9085
94	37279.106	21523.0821	90248.2222
95	30646.202	30592.1909	90125.8472
96	23815.7083	36262.2568	90060.144
97	39032.6607	20201.7286	89879.3588



Номер узла	X	Y	Z
98	37011.5405	23702.4114	89879.3588
99	32874.9976	29238.9406	89870.3006
100	28125.3922	33743.8479	89796.8106
101	34975.703	27939.612	89407.967
102	32433.447	31200.9152	89264.4477
103	37131.8759	26520.9251	88969.2356
104	24219.2712	39137.9266	88685.6692
105	26237.5716	38063.6512	88659.2443
106	28456.4605	36676.9997	88531.7264
107	39175.22	25235.2432	88465.8367
108	41441.9803	21309.1228	88465.8129
109	36734.1475	28622.7171	88461.859
110	30527.9991	35519.5192	88340.925
111	32712.6807	34089.4503	88103.6669
112	23682.7462	41019.7198	88044.85
113	27942.9588	38530.6068	87904.1581
114	41318.4347	23855.2094	87871.6809
115	34715.9426	32919.569	87800.002
116	32197.0281	36015.4982	87515.9935
117	41034.3302	26010.6889	87461.7363
118	43043.0825	22531.4279	87461.7363
119	36877.0688	31508.8085	87349.9598
120	38998.3019	30247.2712	86959.4165
121	36449.1165	33467.7059	86860.0575
122	28379.3639	41459.2616	86539.9078
123	26147.378	42832.134	86483.8949
124	41128.2939	28806.5542	86466.4627
125	30322.5772	40346.3253	86315.9132
126	32540.6104	38960.4101	86175.2008
127	40681.3465	30864.6755	85943.2226
128	43129.6556	27518.2944	85908.6295
129	45396.3869	23592.2005	85908.6295
130	34629.7092	37779.5735	85856.8014
131	36769.8	36249.67	85540.8436
132	45242.8712	26120.9839	85244.4664
133	38668.1323	35186.177	85231.5663
134	40869.2584	33810.8246	84851.3191
135	46905.6243	24789.3219	84823.911
136	44920.9947	28226.8013	84823.911
137	42913.0015	32481.2374	84268.1751
138	45004.9856	31022.9559	83724.4683
139	49229.4546	25805.2627	83115.9765
140	46962.7233	29731.3566	83115.9765
141	49046.6265	28317.0633	82403.2085

Номер узла	X	Y	Z
Координаты нижнего пояса			
142	0	0	96954.3178
143	4394.3834	2537.0985	96821.4453
144	4391.3681	7606.0727	96555.7004
145	8776.7222	5067.2429	96423.1919
146	8764.6528	10127.5033	96024.7587
147	13135.0046	7583.4984	95760.6493
148	8754.1772	15162.6796	95360.3125
149	13111.1679	12631.5205	95229.5835
150	17457.2848	10078.9681	94835.6334
151	13088.1251	17647.3073	94432.0137
152	17418.2659	15111.1989	94172.1152
153	21731.7158	12546.812	93650.6796
154	13057.5587	22616.3551	93370.9395
155	17373.8282	20104.0047	93242.2157
156	21671.4264	17559.7079	92855.4657
157	25946.5817	14980.2659	92209.0358
158	17321.6173	25047.1157	92047.4621
159	21599.4397	22525.9338	91794.2167
160	25866.4204	19974.3635	91280.2528
161	17269.067	29910.9015	90593.8688
162	30090.3144	17372.6511	90514.6602
163	21519.3684	27430.5548	90468.8521
164	25753.2812	24906.3525	90092.0299
165	29969.3287	22336.3099	89459.8241
166	21438.4913	32256.9159	88882.0245
167	25813.9651	29728.2726	88862.2178
168	34151.6025	19717.4369	88572.1766
169	29823.8739	27238.6341	88140.3716
170	33991.251	24651.2279	87390.1786
171	21356.7849	36994.0478	87037.1185
172	25523.3387	34553.6302	86917.9939
173	29669.0678	32063.7257	86555.16
174	38113.4982	22004.8384	86390.5471
175	33799.9699	29516.2852	85944.6491
176	37913.6594	26908.6631	85080.0197
177	25406.3411	39233.9008	84943.2208
178	29512.112	36794.414	84707.3681
179	33598.3324	34296.8714	84231.8734
180	41982.4511	24238.5795	83964.9022
181	37670.5838	31732.9638	83510.9448
182	41633.2907	29043.8078	82603.1319
183	45864.5605	26479.9163	81531.009

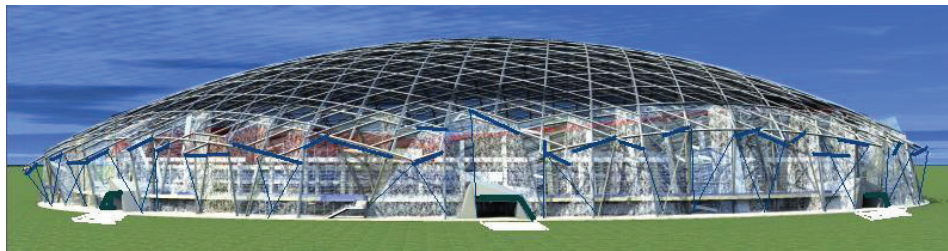


Рис. 5. Запроектированное сборное сферическое покрытие хоккейного стадиона «Айсберг» пролетом 200 м на основе секторной разрезки Ч60 ПС

На рис. 5 приведен пример спроектированного светопрозрачного купольного покрытия стадиона и продемонстрирована методика определения размеров сборных деталей и монтажных схем с помощью таблицы координат.

По приведенным рисункам и схемам можно получить визуальное представление о специфических композиционных и строительных различиях существующих геодезических оболочек и предлагаемых конструктивно-технологических форм сферических оболочек, имеющих эффективные геометрические основы.

Вывод. Разработанные сборные сферические оболочки системы «Чант» могут применяться для покрытий зданий различного назначения, а также для устройства сферических отражателей в зеркальных антеннах и концентраторах энергии. По сравнению с аналогами, эти оболочки имеют максимум однотипных монтажных элементов, возможности укрупнительной сборки и максимум эстетического качества при минимуме сборных деталей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антошкин, В. Д. К вопросу оптимизации треугольной геометрической сети на сфере / В. Д. Антошкин, В. И. Никонов. – Текст : непосредственный // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11-8. – С. 1669–1673.
2. Перспективные конструктивно-технологические решения сборных сферических оболочек / В. Д. Антошкин, С. С. Гудожников, О. И. Перфильева, И. В. Ерофеева. – Текст : непосредственный // *Актуальные вопросы архитектуры и строительства : материалы тринадцатой Международной научно-технической конференции* / Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева. – Саранск, 2014. – С. 4–15. – ISBN 978-5-7103-3043-2.
3. Антошкин, В. Д. Эффективные конструктивно-технологические решения сборных сферических куполов / В. Д. Антошкин. – Текст : непосредственный // *Региональная архитектура и строительство*. – 2015. – № 3 (24). – С. 112–121.
4. Антошкин, В. Д. К задаче формирования треугольной сети на сфере с узлами на одном уровне / В. Д. Антошкин. – Текст : непосредственный // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – 2017. – Том 13, № 2. – С. 154–160.
5. Антошкин, В. Д. Исследование расчетных моделей несущего каркаса с составным сферическим структурным покрытием / В. Д. Антошкин. – Текст : непосредственный // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2017. – № 1. С. 133–138.
6. Коновалов, А. Г. К проблеме оптимизации сборных однослойных оболочек с шестиугольным контуром / А. Г. Коновалов, В. И. Травуш, В. Д. Антошкин. – Текст : непосредственный // *Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений (APCSCE 2018) : программа и тезисы докладов* (Новосибирск, 1-8 июля 2018 г.) / Российская академия архитектуры и строительных наук, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин). – Новосибирск, 2018. – С. 265.



7. Антошкин, В. Д. Конструктивно-технологические решения сборных сферических оболочек : автореферат диссертации доктора технических наук / Антошкин Василий Дмитриевич ; Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2018. – 36 с. – Текст : непосредственный.
8. Антошкин, В. Д. Сферические купола из парных арок одного радиуса / В. Д. Антошкин, М. В. Горина. – Текст : непосредственный // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020 : материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2020. – С. 84–92.
9. Антошкин, В. Д. Формирование треугольной сети на сфере с опорными узлами на одном уровне / В. Д. Антошкин, И. В. Ерофеева, М. В. Горина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний, 2020. – № 4 (56). – С. 49–56.
10. Травуш, В. И. Геодезические купола из парных арок одного радиуса / В. И. Травуш, В. Д. Антошкин, А. Ю. Святкина. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – Том 20, № 6. – С. 98–106.
11. Авторское свидетельство № 1661316 (СССР). Стыковое соединение деревянных элементов : опубл. 09.11.1988 / Антошкин В. Д., Курганский В. Г. – Текст : непосредственный.
12. Патент RU № 2685602 Российская Федерация, С1. Сферическая оболочка с покрытием : № 2018125750 : заявл. 12.07.2018 : опубл. 22.04.2019 / Антошкин В. Д., Травуш В. И., Горина М. В., Антошкин Д. В., Коновалов А. Г., Сагайдак М. О. – Текст : непосредственный.
13. Патент RU № 2625582 Российская Федерация, С1. Составной блок сборного структурного покрытия : № 2016117202 : заявл. 29.04.2016 : опубл. 17.07.2017 / Антошкин В. Д., Травуш В. И., Коновалов А. Г., Ерофеева И. В. – Текст : непосредственный.
14. Патент RUS № 129534 Российская Федерация. Сборная сферическая оболочка : опубл. 27.07.2013 / Травуш В. И., Антошкин В. Д., Ерофеев В. Т. – Текст : непосредственный.
15. Патент RUS № 2520192 Российская Федерация. Сборная сферическая оболочка : опубл. 06.27.2013 / Травуш В. И., Антошкин В. Д., Ерофеев В. Т. – Текст : непосредственный.
16. Патент RUS № 2564545 Российская Федерация. Сборная сферическая оболочка : опубл. 28.07.2014 / Травуш В. И., Антошкин В. Д., Ерофеева И. В., Антошкин Д. В. – Текст : непосредственный.
17. Современные конструктивно-технологические решения сферических оболочек / В. И. Травуш, В. Д. Антошкин, В. Т. Ерофеев, С. С. Гудожников. – Текст : непосредственный // Строительство и реконструкция. – 2012. – № 6 (44). – С. 45–55.
18. Конструктивно-технологические возможности сборных сферических оболочек / В. И. Травуш, В. Д. Антошкин, В. Т. Ерофеев, С. С. Гудожников. – Текст : непосредственный // Строительство и реконструкция. – 2013. – № 6 (50). – С. 36–48.
19. Удлер, Е. М. Сеть Чебышева на поверхности сферы / Е. М. Удлер. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 6. – С. 43–44.
20. Travush, V. I. The problem 7 forming triangular geometric line field / V. I. Travush, V. D. Antoshkin // MATEC Web of Conferences. – 2016. – V. 86, № 010 (2016). – DOI: 10.1051/mateconf/20168601032.
21. Travush, V. I. The problem 4 of placement triangular geometric line field / V. I. Travush, V. D. Antoshkin // MATEC Web of Conferences. – 2016. – V. 86, № 010 (2016) – DOI: 10.1051/mateconf/20168601031.
22. Travush, V. I. To the problem 5 of emplacement of triangular geometric net on the sphere / V. I. Travush, V. D. Antoshkin // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 106, № 02003 (2017) – DOI: 10.1051/mateconf/201710602012.
23. Travush, V. I. To the problem 6 of emplacement of triangular geometric net on the sphere / V. I. Travush, V. D. Antoshkin // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 106, № 02012 (2017). – DOI: 10.1051/mateconf/201710602012.
24. Travush, V. I. The task of forming a network on the sphere from the circles of the same radius / V. I. Travush, V. D. Antoshkin, A. Yu. Svyatkina // TPACEE 2018 : E3S Web of Conferences. – 2018. – V. 91, № 02011(2018).



25. The task 3 of forming a network on the sphere from the circles of the same radius / Travush V. I., Antoshkin V. D., Chorina M. V. [et al.] // TPACEE : E3S Web of Conferences. – 2020. – V. 175, № 11029 (2020). – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017511029>.

ANTOSHKIN Vasily Dmitrievich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of buildings, structures and highways

PREFABRICATED SPHERICAL SHELLS WITH HEXAGONAL PANELS BASED ON THE CHEBYSHEV NETWORK

N. P. Ogaryov Mordovian State University

68, Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Russia. Tel.: +7 (8342) 24-37-32;

fax: +7 (8342) 47-29-13; e-mail: antovd@mail.ru

Key words: prefabricated spatial structure, spherical shell, constructive-technological solution, circle, panel, hexagon, cutting, pyramid.

The article considers issues of constructive and technological formation of single- and two-band shells based on the Chebyshev spatial network; several constructive and technological methods for the formation of triangular networks on a sphere with hexagonal mounting panels, which are called the "Chant" system, are proposed and investigated. The criterion for optimality is the minimum number of sizes of structural parts and the minimum number of mounting elements of the dome, the possibility of enlarged assembly formation and prestress creation.

REFERENCES

1. Antoshkin V. D., Nikonov V. I. K voprosu optimizatsii treugolnoy geometricheskoy seti na sfere [On the optimization of a triangular geometric network on a sphere]. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental research]. 2014. № 11-8. P. 1669–1673.

2.. Antoshkin V. D., Gudozhnikov S. S., Perfileva O. I., Erofeeva I. V. Perspektivnye konstruktivno-tehnologicheskie resheniya sbornykh sfericheskikh obolochek [Perspective constructive and technological solutions of prefabricated spherical shells]. Aktualnye voprosy arkhitektury i stroitelstva [Topical issues of architecture and construction]: materialy trinadtsatoy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnich. konf. / Mordov. gos. un-t im. N. P. Ogaryova. Saransk. 2014. – P. 4–15. – ISBN 978-5-7103-3043-2.

3. Antoshkin V. D. Effektivnye konstruktivno-tehnologicheskie resheniya sbornykh sfericheskikh kupolov [Effective constructive and technological solutions for prefabricated spherical domes]. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo [Regional architecture and construction]. 2015. № 3 (24). P. 112–121.

4. Antoshkin V. D. K zadache formirovaniya treugolnoy seti na sfere s uzлами na odnom urovne [To the problem of forming a triangular network on a sphere with nodes at the same level]. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2017. – Vol. 13, № 2. – P. 154–160.

5. Antoshkin V. D. Issledovanie raschyotnykh modeley nesushchego karkasa s sostavnym sfericheskim strukturnym pokrytiem [Investigation of computational models of a supporting frame with a composite spherical structural coating]. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]. – 2017. – № 1. P. 133–138.

6. Konovalov A. G., Travush V. I., Antoshkin V. D. K probleme optimizatsii sbornykh odnosloynnykh obolochek s shestiyugolnym konturom [On the problem of optimization of prefabricated single-layer shells with a hexagonal contour] Aktualnye problemy komputernogo modelirovaniya konstruksiy i sooruzheniy (APCSCE 2018) [Actual problems of computer modeling of structures and structures (APCSCE 2018)]: programma i tezisy dokladov (Novosibirsk, 1-8 iyulya 2018 g.) / Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk, Novosibir. gos.



arkhitektur.-stroit. un-t (Sibstrin). Novosibirsk, 2018. – P. 265.

7. Antoshkin V. D. Konstruktivno-tekhnologicheskie resheniya sbornykh sfericheskikh obolochek [Constructive and technological solutions of prefabricated spherical shells]: avtoreferat diss. doktora tekhn. nauk; Yugo-Zapadny gos. un-t. – Kursk, 2018. – 36 p.

8. Antoshkin V. D., Gorina M. V. Sfericheskie kupola iz parnykh arok odnogo radiusa [Spherical domes from paired arches of the same radius] / Stroitelstvo i zastroyka: zhiznenny tsikl – 2020 [Construction and development: life cycle – 2020]: materialy V Mezhdunar. (XI Vserossisk.) konf. – Cheboksary, 2020. – P. 84–92.

9. Antoshkin V. D., Erofeeva I. V., Gorina M. V. Formirovanie treugolnoy seti na sfere s opornymi uzlami na odnom urovne [Emplacement of a triangular geometric net on a sphere with nodes on the same level]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2020. – № 4 (56). – P. 49–56.

10. Travush V. I., Antoshkin V. D., Svyatkina A. Yu. Geodezicheskie kupola iz parnykh arok odnogo radiusa [Geodesic domes of paired arches of the same radius]. Vestnik Tomskogo gos. arkhitektur.-stroit. un-ta [Bulletin of the Tomsk State Architectural and Civil Engineering University]. – 2018. – Vol. 20, № 6. P. 98–106.

11. Abtorskoe svidetelstvo [Copyright certificate] № 1661316 (USSR). Stykovoe soedinenie derevyannykh soedineniy [Butt joint of wooden elements]: opubl. 09/11/1988/ Antoshkin V. D., Kurgan V. G.

12. Patent RU № 2685602 Russian Federation, C1. Sfericheskaya obolochka s pokrytiem [Coated spherical shell]: № 2018125750: zayavl. 12.07.2018: opubl. 22/04/2019 / Antoshkin V. D., Travush V. I., Gorina M. V., Antoshkin D. V., Konovalov A. G., Sagaydak M. O.

13. Patent RU № 2625582 Russian Federation, C1. Sostavnoy blok sbornogo strukturnogo pokrytiya [Composite block of prefabricated structural coating]: № 2016117202: zayavl. 29/04/2016: opubl. 17/07/2017 / Antoshkin V. D., Travush V. I., Konovalov A. G., Erofeeva I. V.

14. Patent RUS № 129534 Russian Federation. Sbornaya sfericheskaya obolochka [Prefabricated spherical shell]: opubl. 27/07/2013 / Travush V. I., Antoshkin V. D., Erofeev V. T.

15. Patent RUS № 2520192 Russian Federation. Sbornaya sfericheskaya obolochka [Prefabricated spherical shell]: opubl. 06.27.2013 / Travush V. I., Antoshkin V. D., Erofeev V. T.

16. Patent RUS 2564545 Russian Federation. Sbornaya sfericheskaya obolochka [Prefabricated spherical shell]: opubl. 28/07/2014 / Travush V. I., Antoshkin V. D., Erofeeva I. V., Antoshkin D. V.

17. Travush V. I., Antoshkin V. D., Erofeev V. T., Gudozhnikov S. S. Sovremennyye konstruktivno-tekhnologicheskie resheniya sfericheskikh obolochek [Modern constructive and technological solutions for spherical shells]. Stroitelstvo i rekonstruktsiya [Construction and reconstruction]. 2012. – № 6 (44). – P. 45–55.

18. Travush V. I., Antoshkin V. D., Erofeev V. T., Gudozhnikov S. S. Konstruktivno-tekhnologicheskie vozmozhnosti sbornykh sfericheskikh obolochek [Design and technological capabilities of prefabricated spherical shells]. Stroitelstvo i rekonstruktsiya [Construction and reconstruction]. – 2013. – № 6 (50). – P. 36–48.

19. Udler E. M. Set Chebysheva na poverkhnosti sfery [Chebyshev's network on the surface of a sphere]. Mezhdunarodny zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]. – 2014. – № 6. – P. 43–44.

20. Travush V. I., Antoshkin V. D. The problem 7 forming triangular geometric line field / MATEC Web of Conferences. – 2016. – V. 86, № 010 (2016). – DOI: 10.1051/mateconf/20168601032.

21. Travush V. I., Antoshkin V. D. The problem 4 of placement triangular geometric line field. MATEC Web of Conferences. – 2016. – V. 86, № 010 (2016) – DOI: 10.1051/mateconf/20168601031.

22. Travush V. I., Antoshkin V. D. To the problem 5 of emplacement of triangular geometric net on the sphere. MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 106, № 02003 (2017) – DOI: 10.1051/mateconf/201710602012.

23. Travush V. I., Antoshkin V. D. To the problem 6 of emplacement of triangular geometric net on the sphere // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 106, № 02012 (2017). – DOI:



10.1051/mateconf/201710602012.

24. Travush V. I., Antoshkin V. D., Svyatkina A. Yu. The task of forming a network on the sphere from the circles of the same radius. TPACEE 2018 : E3S Web of Conferences. – 2018. – V. 91, № 02011(2018).

25. Travush V. I., Antoshkin V. D., Chorina M. V. The task 3 of forming a network on the sphere from the circles of the same radius. TPACEE : E3S Web of Conferences. – 2020. – V. 175, № 11029 (2020). – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017511029>.

© В. Д. Антошкин, 2022

Получено: 28.06.2022 г.

УДК 624.046

П. А. ХАЗОВ¹, канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики, зав. лабораторией непрерывного контроля технического состояния зданий и сооружений; **В. И. ЕРОФЕЕВ²**, д-р физ.-мат. наук, директор; **Д. М. ЛОБОВ¹**, ст. преп. кафедры строительных конструкций; **А. К. СИТНИКОВА¹**, студент; **А. П. ПОМАЗОВ¹**, студент

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ МАЛОГАБАРИТНЫХ СЕЧЕНИЙ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96, +7 (951) 919-0-919; эл. почта: khazov.nngasu@mail.ru

²Институт проблем машиностроения РАН – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85. Тел.: (831) 432-05-76; эл. почта: erogof.vi@yandex.ru

Ключевые слова: трубобетон, напряженно-деформированное состояние, малогабаритные сечения, эффективность трубобетона, несущая способность.

Рассматриваются достоинства и проблемы применения трубобетонных конструкций в надземном строительстве. Анализируется современное состояние и недостатки методик расчета трубобетонных элементов. Приводятся результаты испытаний на прочность малогабаритных трубобетонных образцов и их сравнение с образцами классических типов конструкций. Производится обоснование эффективности трубобетонных конструкций.

В условиях современной рыночной экономики в строительной отрасли регулярно появляются новые технологичные конструкционные материалы, сводящие к минимуму материальные и трудовые затраты. Поиск новых решений для различных зданий и сооружений ведется из соображений увеличения технологической, конструктивной и экономической эффективности строительства. Для достижения этих целей могут быть использованы трубобетонные конструкции, обеспечивающие усталостную долговечность и надежность возводимых объектов.

Трубобетонный стержень является разновидностью монолитных железобетонных элементов и представляет собой комплексную конструкцию, состоящую



из работающих совместно металлической оболочки (стальной трубы) и бетонного сердечника.

На сегодняшний день трубобетон применяют в случаях, когда необходимо, чтобы стальная оболочка выполняла функции несущей арматуры либо служила несъемной опалубкой. В первом случае армирование бетонного сердечника не производится, во втором – бетонное ядро усиливается металлическим каркасом.

Однако современному опыту применения трубобетонных конструкций свойственно противоречие, связанное с непопулярностью использования данного материала при строительстве надземных конструкций при его ярко выраженных преимуществах.

Экспериментальному и численному исследованию трубобетонных конструкций посвящено большое количество работ [1–12]. Применяемый при строительстве высотных зданий, мостов и прочих сооружений, в которых необходимо использование массивных сечений, трубобетон до настоящего времени не нашел широкого применения в конструкциях с малыми габаритами сечений. В отличие от многочисленных предшественников авторы считают, что такое применение может быть оправдано при проектировании систем, воспринимающих значительные динамические воздействия. Действительно, сравнивая трубобетон с классическими материалами, входящими в его состав, можно заметить следующее:

- основное преимущество «чистых» металлических конструкций – высокая прочность. Но в силу малого коэффициента неупругой работы стали данный тип конструкций очень плохо демпфирует энергию, имеет наибольшие резонансные эффекты;

- железобетон обладает хорошими демпфирующими свойствами, но он склонен к распространению трещин при динамической работе, плохо сопротивляется ударным нагрузкам;

- потеря местной и общей устойчивости стальной трубы преодолевается за счет внутреннего давления бетонной конструкции, что позволяет повысить сопротивляемость горизонтальным перемещениям, а также действию гравитационных сил от собственного веса. В свою очередь, внешняя стальная оболочка выступает в роли и продольного, и поперечного армирования, воспринимая возникающие в конструкции усилия любой ориентации. В условиях продольного сжатия реактивное боковое давление на бетонное ядро со стороны стальной оболочки создает для бетонной составляющей конструкции благоприятные условия ее работы – объемное сжатие – что повышает его прочностные и деформационные характеристики. Труба же, в свою очередь, препятствует образованию микротрещин разрыва бетона, который стремится увеличить свои размеры в радиальном направлении.

Таким образом, трубобетон способен объединить все названные преимущества стальных и железобетонных конструкций, сгладив их недостатки: накопление повреждений, в том числе при ударе, практически исключено; демпфирующие свойства и высокая прочность имеют порядки, как правило, большие, чем у «классических» конструкций.

Говоря о ряде преимуществ трубобетонных конструкций, следует также отметить факторы, препятствующие его широкому распространению в надземном строительстве:

- недостаточная разработанность отечественных норм по проектированию и расчету трубобетонных конструкций. Исследователи расходятся во мнении относительно предельного состояния трубы, что затрудняет выбор методики расчетов. Современные методики не учитывают или же учитывают не в комплексе свойства



материалов и особенности сопротивления трубобетонных элементов деформированию как при кратковременной, так и при длительной нагрузке;

– конструктивный недостаток сжатых трубобетонных элементов, заключающийся в сложности обеспечения совместной работы бетонного ядра и внешней стальной оболочки;

– узкий круг экспериментальных данных не дает четкого понятия о работе высокопрочных бетонов в условиях пассивного сжатия.

Независимо от того, какие именно размеры сечений применяются при строительстве, существует целый ряд проблем и противоречий, связанных с расчетом и определением напряженно-деформированного состояния трубобетонных конструкций. Согласно действующему своду правил [13], расчет трубобетонных элементов выполняется путем проверки прочности арматуры, бетона и стальной оболочки. Суммарные усилия раскладываются и распределяются по трем слагаемым, при этом не всегда ясно, какую именно долю усилия принимает на себя каждая из частей композитного сечения.

В статье [7] был выполнен расчет трубобетонной колонны большого диаметра в линейной постановке, что позволило оценить жесткостные характеристики и уровень напряжений элементов в первом приближении, поскольку не были учтены пластические свойства бетона.

Для выполнения исследований прочности трубобетонных элементов малогабаритного сечения были изготовлены образцы 5 типов конструкций (рис. 1): бетон, железобетон, стальная труба, трубобетон, армированный трубобетон. Диаметр всех образцов составляет 76 мм, толщина стенки трубы – 3,5 мм, диаметр арматуры – 6 мм. Труба выполнена из стали 09Г2С, арматура класса А400, бетон класса В20.

Для изготовления бетонной смеси были приняты пропорции, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Состав бетонной смеси для изготовления образцов

Состав бетонной смеси					
Материал	Объемная доля	Плотность, г/см³	Объем, л	Масса, кг	Водоцемент- ное отноше- ние (масса)
Цемент М400	1,00	1,44	0,51	0,74	0,70
Гравий мел- козернистый (максималь- ная фракция 5–10 мм)	3,90	1,60	2,00	3,20	
Песок	2,00	1,50	1,03	1,54	
Вода	0,99	1,00	0,52	0,52	
Прогнозируемый класс бетона: В20					

Учитывая размеры малогабаритного сечения образцов (рис. 1), при изготовлении бетонной смеси применялся гравий малой фракции (рис. 2), что позволило увеличить подвижность бетонной смеси.

На рис. 1 видно несовершенство торцевых граней образцов, в связи с этим пе-

**К СТАТЬЕ П. А. ХАЗОВА, В. И. ЕРОФЕЕВА, Д. М. ЛОБОВА,
А. К. СИТНИКОВОЙ, А. П. ПОМАЗОВА «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ
ОБРАЗЦОВ МАЛОГАБАРИТНЫХ СЕЧЕНИЙ»**

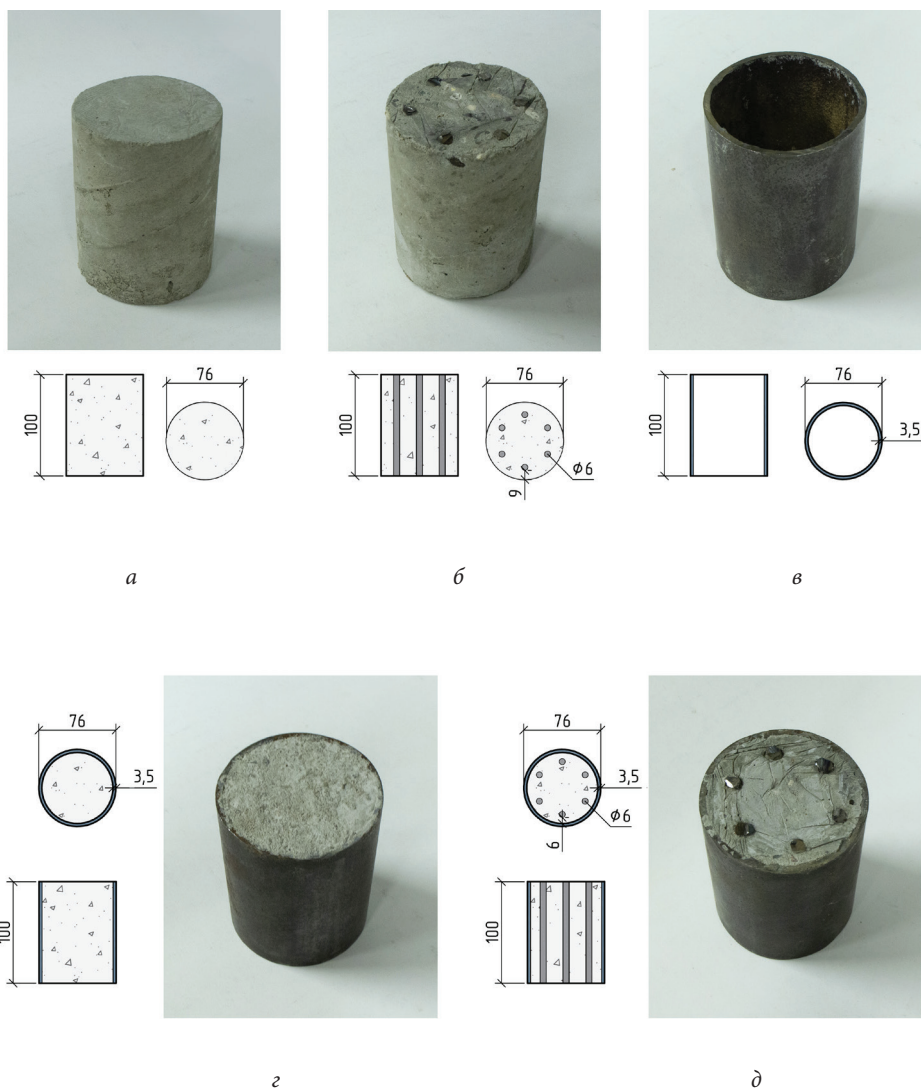


Рис. 1. Подготовленные образцы (торцевые грани выровнены путем нанесения слоя состава на основе эпоксидной композиции в соответствии с требованием ГОСТ 28570-2019):
а – бетон; б – железобетон; в – стальная труба; г – трубобетон; д – армированный трубобетон



Рис. 2. Гранулометрический состав мелкозернистого гравия, используемого для изготовления бетонной смеси



а

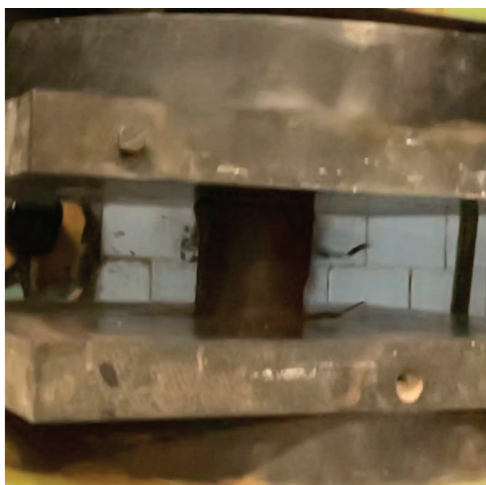
б

в

Рис. 3. Образцы «классических» конструкций после разрушения: *а* – бетонный; *б* – железобетонный; *в* – стальная труба



a



б



в



г

Рис. 4. Образцы трубобетонных конструкций после разрушения: *a* – трубобетонный неармированный; *б* – момент разрушения трубобетонного неармированного образца; *в* – трубобетонный армированный; *г* – момент разрушения трубобетонного армированного образца

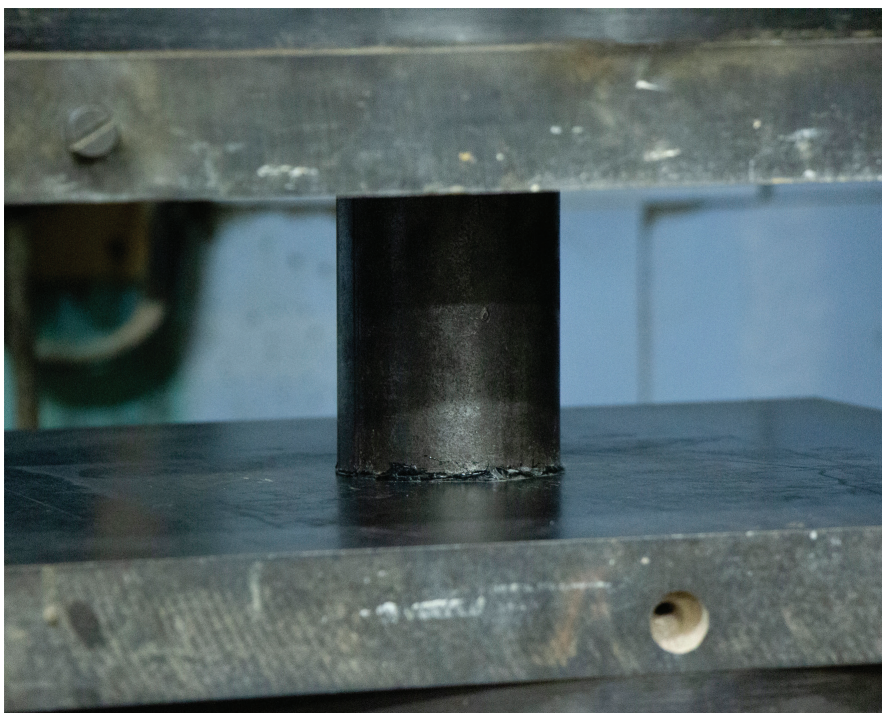


Рис. 5. Пластический характер разрушения трубобетонного образца

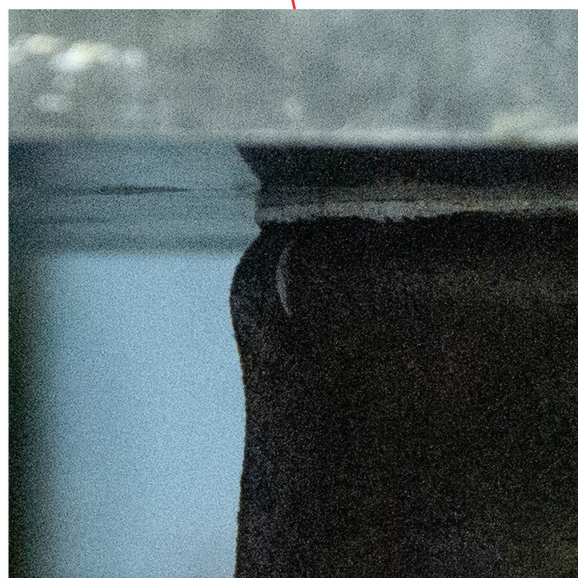
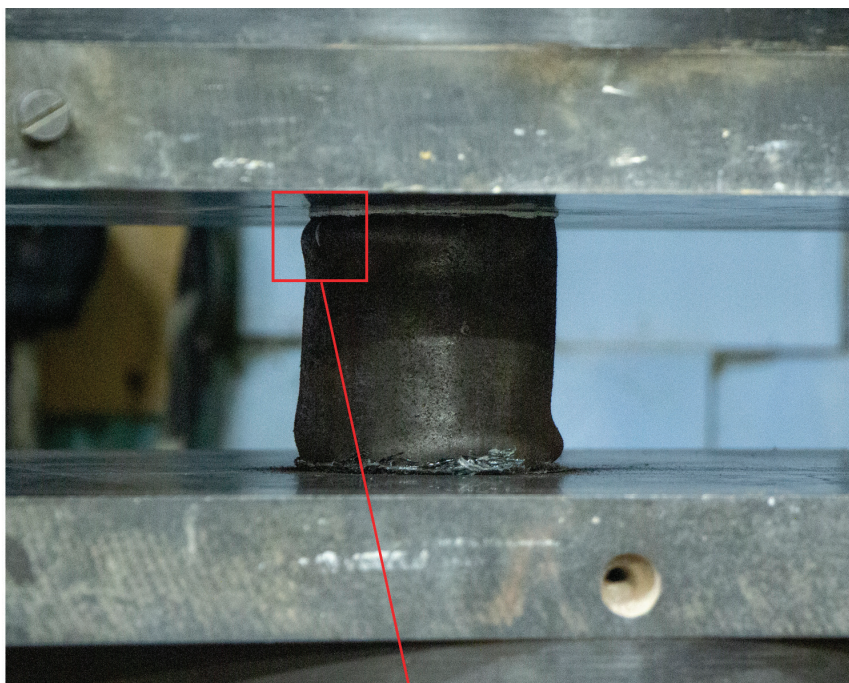


Рис. 6. Момент образования трещины в шве трубы трубобетонного образца



Рис. 7. Форма потери устойчивости арматуры в трубобетонном образце

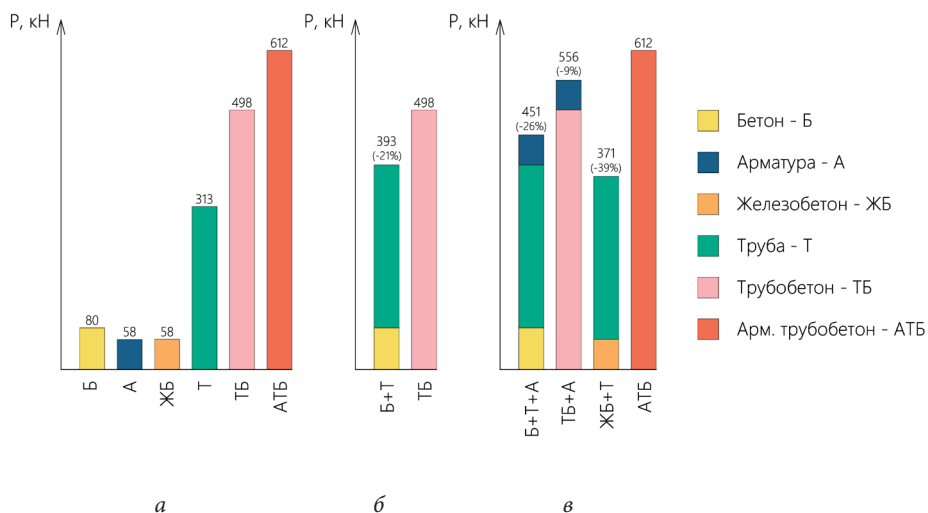


Рис. 8. Диаграммы: а – несущей способности образцов; б – сравнение суммы разрушающих нагрузок бетонного и стального образца с разрушающей нагрузкой трубобетонного образца; в – сравнение суммы несущих способностей трубы, бетона и арматуры; суммы несущих способностей трубобетона и арматуры, суммы несущих способностей трубы и железобетона, а также армированного трубобетона

ред проведением испытаний проводилось их выравнивание путем нанесения слоя состава на основе эпоксидной композиции в соответствии с требованием ГОСТ 28570-2019.

Испытания на центральное сжатие с целью определения разрушающей нагрузки проводились с помощью пресса П-125 с максимальной сжимающей нагрузкой 1200 кН. Далее приводится описание характера разрушения каждого из образцов, испытанных в возрасте 28 суток.

1. Бетонный образец (рис. 1а) разрушился хрупко (рис. 3а), выдержав максимальную нагрузку в 80 кН. Таким образом, критическое напряжение составило 17,6 МПа, что соответствует прогнозируемому классу В20 с расчетным сопротивлением 15 МПа.

2. Железобетонный образец (рис. 1б) разрушился хрупко под действием нагрузки 58 кН, что на 25 % меньше, чем «чистый» бетонный образец. По характеру разрушения (рис. 3б) может быть сделан вывод, что оно произошло в результате потери устойчивости арматуры. Данное предположение подтверждает то, что несущая способность шести отдельно взятых стержней арматуры с расчетным сопротивлением 340 МПа составляет 57,7 кН. Снижение несущей способности данного образца объясняется принятым при его изготовлении малым защитным слоем (рис. 1б), который не смог обеспечить проникновение крупного заполнителя в наружную часть образца, в результате чего арматурные стержни оказались фактически свободными. Потеряв устойчивость, они практически сразу выключились из работы, в результате чего вместо армированного сечения получилось ослабленное бетонное сечение с дефектами. После потери устойчивости арматуры напряжения в оставшемся бетонном сечении составили 34,9 МПа, т. е. в два раза больше критических напряжений, при которых разрушился чистый бетонный образец, что и привело к моментальному хрупкому разрушению.

3. Стальная труба (рис. 1в) разрушилась при нагрузке 313 кН. Разрушение носило явный пластический характер (рис. 3в), перед достижением максимального значения нагрузки произошло разрушение сварного шва. Номинальные напряжения в трубе достигли 390 МПа, что соответствует марке 09Г2С с условным пределом текучести 350 МПа.

4. Трубобетонный образец (рис. 1г) выдержал нагрузку в 498 кН. Потеря несущей способности образца произошла в результате разрушения шва трубы (рис. 4а). На рис. 5 показан вид образцов в процессе деформирования. Очевиден пластический характер деформирования после характерной нагрузки в 450 кН. На рис. 4б показан стоп-кадр, по которому видно, что элемент разрушился взрывообразно. Радиус разлета осколков составил примерно 4 м.

5. Армированный трубобетонный образец (рис. 1д) разрушался подобно трубобетонному. Максимальная нагрузка составила 612 кН. Процесс также сопровождался пластическим деформированием перед разрушением шва трубы (рис. 4в), образованием трещины в шве трубы (рис. 6), а также взрывным характером (рис. 4г). Предел текучести трубы наблюдался при нагрузке 600 кН. Следует учесть, что в отличие от железобетонного стержня, поперечное армирование данного трубобетонного стержня обеспечивалось стальной трубой, поэтому не произошло мгновенного хрупкого разрушения, как в случае 2. На рис. 7 видна форма потери устойчивости арматуры. Такая высшая форма с множеством перегибов характерна для гибких стержней, закрепленных связью типа «упругое основание». Количество полуволн зависит от соотношения изгибной жесткости стержня к коэффициенту постели. Такая модель вполне соответствует стержню, замкнутому в бетон.



По ссылке [14] приведены видеозаписи разрушения всех образцов.

На рис. 8а приведены диаграммы несущей способности образцов. Ожидаемо максимальная разрушающая нагрузка зафиксирована у армированного трубобетонного образца.

На рис. 8б приводится сравнение суммы разрушающих нагрузок бетонного и стального образца с разрушающей нагрузкой трубобетонного образца. По диаграмме видно, что при том же расходе материалов элемент получил приращение несущей способности на 27 %.

Для подтверждения марки стали арматуры (А400) была использована разрывная машина Р-5. Предел текучести соответствовал нагрузке 14,5 кН (513 МПа), а предел прочности – 17,2 кН (608 МПа).

На рис. 8в показано сравнение суммы несущих способностей трубы, бетона и арматуры; суммы несущих способностей трубобетона и арматуры; суммы несущих способностей трубы и железобетона; а также армированного трубобетона. Введение в композитное сечение арматуры дало прирост несущей способности на 114 кН, в то время как несущая способность «чистой» арматуры составляет 57,7 кН. Таким образом, ее вклад в несущую способность трубобетонного элемента за счет стесненности сечения вырос почти в 2 раза.

Сравнение несущих способностей образцов показывает, что сумма общей системы трубобетонного элемента не равна простой сумме компонентов этой системы.

Анализ сравнения материалоемкости колонн, выполненных в трубобетонном, металлическом и железобетонном вариантах, подтвердил эффективность использования трубобетонных конструкций (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение затрат материалов трубобетонного, железобетонного и стального короткого элемента под нагрузку 60 тонн

Материал элемента	Трубобетон	Металл	Железобетон
Площадь сечения колонны, мм ²	4 536	2 203	20 106
Диаметр колонны, мм	76	133	160
Площадь металла, мм ²	967	2 203	314
Площадь бетона, мм ²	3 569	-	19 792
Расход металла, %	100	228	33
Расход бетона, %	100	-	555

Перспектива дальнейших исследований:

1. Экспериментальное исследование устойчивости трубобетонных элементов круглого поперечного сечения.
2. Численное моделирование трубобетонных элементов с учетом запредельной работы материалов.
3. Разработка рекомендаций по расчету прочности и устойчивости трубобетонных элементов малогабаритного сечения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПФ РАН на фундаментальные научные исследования на 2021-2023 годы по теме № 0030-2021-0025 и при поддержке РФФИ (грант № 20-07-00914).



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кикин, А. И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном / А. И. Кикин, Р. С. Санжаровский, В. А. Труль. – Москва : Стройиздат, 1974. – 144 с.
2. Акаев, А. И. Перспективы возведения сейсмостойких зданий из трубобетонных конструкций / А. И. Акаев, М. Г. Магомедов, М. М. Пайзулаев // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2017. – № 1 – С. 138–149.
3. Кришан, А. Л. Перспективы применения трубобетонных колонн на строительных объектах России / А. Л. Кришан, М. А. Кришан, Р. Р. Сабиров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – № 1 (45). – С. 137–140.
4. Кришан, А. Л. Новое конструктивное решение трубобетонных колонн / А. Л. Кришан // III тысячелетие – новый мир : труды международного форума по проблемам науки, техники и образования. – 2006. – Том 2. – С. 81–84.
5. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков, Е. С. Михалдыкин. – Текст : электронный // Наукovedение : Интернет-журнал. – 2015. – Том 7, № 4. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (дата обращения: 03.05.2022).
6. Овчинников, И. И. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 2. Расчет трубобетонных конструкций с металлической оболочкой / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников. – Текст : электронный // Наукovedение : Интернет-журнал. – 2015. – Том 7, № 4. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (дата обращения: 03.05.2022).
7. Применение трубобетонных конструкций в зданиях и сооружениях. – URL: <https://docplayer.com/201131849-Ris-1-most-v-predmeste-parizha.html> (дата обращения: 24.04.2022).
8. Оценка прочности и устойчивости композитных сталежелезобетонных элементов с совместным применением стержневых и твердотельных расчетных моделей / А. А. Лапшин, П. А. Хазов, Д. А. Кожанов, С. Ю. Лихачева // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 3. – С. 9–16.
9. Boyd, P. F. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading / Boyd P. F., Cofer W. F., McLean D. I. // Journal of ACI. – 1995. – Vol. 92, № 3. – P. 353–364.
10. Morino, S. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan / Morino S., Tsuba K. // Earthquake and Engineering Seismology. – 2005. – № 1. – Vol. 4. – P. 51–73.
11. Cai, S. H. Modern Street Tube Confined Concrete Structures / Cai S. H. – China.: Communication Press China, 2003. – 358 p.
12. Mesnager A., Barthes F., Vevrier I. Le pont des Ibis, an vesinet (seine-et-oise) / Mesnager A., Barthes F., Vevrier I.. // Le Genie Civil. – 1931. – N. 2527/3.
13. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования (с Изменением N 1, с Поправкой). – Москва : Минстрой России, 2016. – 80 с.
14. Испытания трубобетонных образцов на прочность. – URL: <https://youtu.be/SxxQ3Ir5i54> (дата обращения 09.06.2022). – Видеозапись.

KHAZOV¹ Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics, head of the laboratory of continuous monitoring of the technical condition of buildings and structures; EROFEEV² Vladimir Ivanovich, doctor of physical and mathematical sciences, director; LOBOV¹ Dmitry Mikhaylovich, senior teacher of the chair of building structures; SITNIKOVA¹ Anna Konstantinovna, student; POMAZOV¹ Artyom Pavlovich, student



THE EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE STRENGTH OF COMPOSITE STEEL TUBE CONFINED CONCRETE SAMPLES OF SMALL-SIZED SECTIONS

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96, +7 (951) 919-0-919; e-mail: khazov.nngasu@mail.ru

²Institute for Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences

85, Belinsky St., Nizhny Novgorod, 603024, Russia. Tel.: +7 (831) 432-05-76;

e-mail: erof.vi@yandex.ru

Key words: steel tube confined concrete structures, stress-strain state, small-sized section, efficiency of steel tube confined concrete structures, bearing capacity.

The article provides the advantages and problems of using steel tube confined concrete structures in above-ground construction. The current state and shortcomings of methods for steel tube confined concrete elements are analyzed. The results of tests for the strength of small-sized steel tube confined concrete samples and their comparison with samples of classical types of structures are given. The rationale for the efficiency of steel tube confined concrete structures is made.

REFERENCES

1. Kikin A. I., Sanzharovsky R. S., Trull V. A. Konstruktsii iz stalnykh trub, zapolnennykh betonom [Structures made of steel tubes filled with concrete]. – Moscow, Stroyizdat, 1974. – 144 p.
2. Akaev A. I., Magomedov M. G., Payzulaev M. M. Perspektivy vozvedeniya seysmostoykikh zdaniy iz trubobetonnykh konstruktsiy [Prospects for construction of earthquake-resistant buildings of steel tube confined concrete structures] // Vestnik Dagestan. gos. tekhn. un-ta. Tekhnicheskie nauki [Bulletin of Dagestan State Technical University. Technical science]. – 2017. – № 1 – P. 138–149.
3. Krishan A. L., Krishan M. A., Sabirov R. R. Perspektivy primeneniya trubobetonnykh kolonn na stroitelnykh obektakh Rossii [Prospects for the use of steel tube confined concrete columns at construction sites in Russia] // Vestnik Magnitogor. Gos. tekhn. un-ta im. G. I. Nosova [Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov]. – 2014. – № 1 (45) – P. 137–140.
4. Krishan A. L. Novoe konstruktivnoye resheniye trubobetonnykh kolonn [New constructive solution for steel tube confined concrete columns] // III tysyacheletie – novyy mir: Trudy mezhdunarodnogo foruma po problemam nauki, tekhniki i obrazovaniya [III millennium – a new world: Proceedings of the International forum on problems of science, technology and education]. – 2006. – Vol. 2. – P. 81–84.
5. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Chesnokov G. V., Mikhaldykin E. S. O probleme raschyota trubobetonnykh konstruktsiy s obolochkoy iz raznykh materialov. Chast 1. Opyt primeneniya trubobetona s metallicheskey obolochkoy [On the problem of calculating steel tube confined concrete structures with a shell of different materials. Part 1. Experience with steel tube confined concrete] // Naukovedenie [Science studies] : Internet-zhurnal. – 2015 – Vol. 7, № 4. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (data obrascheniya: 03.05.2022).
6. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G. O probleme raschyota trubobetonnykh konstruktsiy s obolochkoy iz raznykh materialov. Chast 2. Raschyot trubobetonnykh konstruktsiy s metallicheskey obolochkoy [On the problem of calculating steel tube confined concrete structures with a shell of different materials. Part 2. Calculation of steel tube confined concrete structures with a metal shell] // Naukovedenie [Science studies] : Internet-zhurnal. – 2015 – Vol. 7, № 4. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (data obrascheniya: 03.05.2022).
7. Primeneniye trubobetonnykh konstruktsiy v zdaniyakh i sooruzheniyakh [The use of steel tube confined concrete structures in buildings and structures]. – URL: <https://docplayer.com/201131849-Ris-1-most-v-predmeste-parizha.html> (data obrascheniya: 24.04.2022).
8. Lapshin A. A., Khazov P. A., Kozhanov D. A., Likhachyova S. Yu. Otsenka prochnosti



i ustoychivosti kompozitnykh stalezhelezobetonnykh elementov s sovmestnym primeneniem sterzhnevyykh i tverdotelnykh raschyotnykh modeley [Estimation of Strength and Stability of Composite Steel-Reinforced Concrete Elements with Joint Use of Rod and Solid-State Calculation Models] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2021. – № 3. – P. 9–16.

9. Boyd P. F., Cofer W. F., McLean D. I. Seismic performance of steel-encased concrete columns under flexural loading // Journal of ACI. – 1995. – Vol. 92, № 3. – P. 353–364.

10. Morino S., Tsuba K. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan // Earthquake and Engineering Seismology. – 2005. – № 1. Vol. 4. – P. 51–73.

11. Cai S.-H. (2003). Modern Street Tube Confined Concrete Structures. // Communication Press China. – 2003. – 358 p.

12. Mesnager A., Barthes F., Vevrier I. Le pont des Ibis, an vesinet (seine-et-oise). // Le Genie Civil – 1931 – N. 2527/3.

13. 1. SP 266.1325800.2016. Konstruktsii stalezhelezobetonnye. Pravila proektirovaniya (s Izmeneniyem N 1, s Popravkoy) [Steel-reinforced concrete structures. Design rules]. – Moscow: Minstroy Rossii, – 2016. – 80 p.

14. Ispytaniya trubobetonnykh obraztsov na prochnost [Strength testing of steel tube confined concrete samples]. – URL: <https://youtu.be/SxxQ3Ir5i54> (data obrascheniya 09.06.2022) – Videozapis.

© П. А. Хазов, В. И. Ерофеев, Д. М. Лобов, А. К. Ситникова, А. П. Помазов, 2022
Получено: 20.06.2022 г.

УДК 624.042.41

А. А. САТАНОВ, аспирант¹; **М. Л. ПОЗДЕЕВ**², студент; **А. В. СИМОНОВ**², студент; **А. П. ПОМАЗОВ**², студент; **П. А. ХАЗОВ**², канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики, зав. лабораторией непрерывного контроля технического состояния зданий и сооружений

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НА ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ

¹Институт проблем машиностроения РАН – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85. Тел.: (831) 432-05-76, +7 (910)-133-38-66; эл. почта: andrewsatanov@gmail.com

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96, +7 (908)-756-24-56; эл. почта: maksim.leon.pz@yandex.ru

Ключевые слова: высотное здание, ветрогенератор, модель здания, аэродинамическая установка, аэродинамический эксперимент, аэродинамический коэффициент, сброс ветрового давления, ветровая нагрузка.

Выполнен анализ распределения давлений от ветровых потоков на поверхность высотного здания с проемами для установки ветрогенераторов. Модельный эксперимент в аэродинамической трубе показал, что результаты предварительной приближенной оценки нормативными методами имеют достаточную сходимость, но не учитывают ряд факторов, таких как резкое уменьшение ветрового отсоса на задней поверхности и уменьшение аэродинамических коэффициентов по высоте здания, особенно в арочной части.



Инженерные исследования ветровых воздействий в настоящее время являются быстроразвивающейся областью прикладных наук, ставящей перед собой задачу разработки и совершенствования методов учета ветровых нагрузок на здания и сооружения. В ряде случаев эта задача требует особого внимания, поскольку проектируемые объекты часто имеют уникальные с точки зрения аэродинамики архитектурные формы.

Современные высотные здания по сравнению с построенными ранее отличаются исключительной гибкостью, легкостью и зачастую обладают слабыми демпфирующими свойствами. Такие сооружения, как правило, характеризуются повышенной чувствительностью к воздействию ветра. Для объектов, высота которых многократно превосходит поперечные в плане размеры, ветровая нагрузка является основной. При расчете на прочность и деформативность возникает необходимость оценки ветровых воздействий с большей степенью точности, чем это требовалось ранее [1–6].

В настоящее время опубликовано большое число работ, авторы которых стремились к корректному математическому описанию ветровых воздействий и разработки соответствующих инженерных методов расчета [7–11]. Однако до сих пор существующие стандартные методики расчета не отражают в достаточной мере действительную картину распределения ветровой нагрузки по поверхности сложной кривизны, так как не способны учесть влияние аэродинамической интерференции, завихренности, резонансных возбуждений и иных факторов [12–18].

Чтобы проанализировать воздействие вышеуказанных явлений на объекты, отличающиеся нестандартными формами и габаритами, в соответствии с действующими нормативными документами [1] предусматривается определение аэродинамических коэффициентов по результатам анализа математической (численной) модели или физического эксперимента в аэродинамической трубе.

Оба этих метода позволяют определить аэродинамические параметры зданий и сооружений сложной формы. Однако проведение эксперимента при осуществлении проектных работ требует дополнительных трудозатрат, что приводит к увеличению сроков и стоимости проекта, значительно повышает трудоемкость при выполнении расчетов. В связи с этим инженеры-проектировщики в большинстве случаев предпочитают для оценки ветровых воздействий использовать аэродинамические коэффициенты, предварительно рассчитанные в действующем своде правил для схемы, близкой по габаритам и форме к проектируемой.

Таким образом, возникает вопрос об оправданности подобного упрощения и возможности применения существующих нормативных методик для определения аэродинамических коэффициентов уникальных зданий и сооружений.

В качестве объекта исследования в настоящей работе рассматривается проектируемое 67-этажное высотное уникальное здание с ветрогенераторами в городе Новороссийске высотой 304,7 м (рис. 1, рис. 1 цв. вклейки). Габаритные размеры надземной части здания в плане 87,4×27,0 метров. Форма здания имеет воронкообразное очертание в плане для эффективного вовлечения потоков воздуха к ветрогенераторам и их стабилизации для уменьшения усталостных нагрузок на лопасти турбин [19]. Ориентация здания выбрана с учетом преобладающего направления ветра для повышения выходной мощности турбин [20].

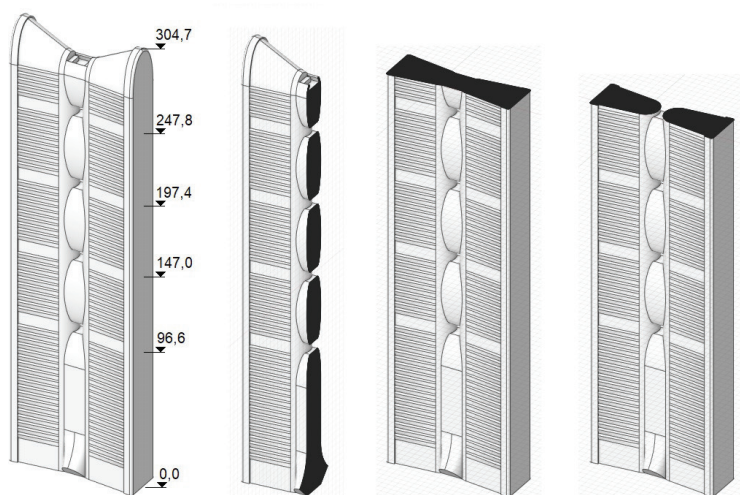


Рис. 1. Объемная модель внешней оболочки проектируемого здания и его характерные сечения

Здание нельзя строго отнести ни к одной геометрической схеме, описывающей распределение аэродинамических коэффициентов по приложению В [1], поэтому необходимо прибегать к математическим или экспериментальным методам.

Для проведения исследований в аэродинамической трубе был разработан макет в масштабе 1:800, выполненный методом послойного наплавления (*FDM*) из *ABS*-пластика на 3D-принтере (рис. 2). В характерных точках модели выполнена система дренажных отверстий для подключения гибких трубок (рис. 2 цв. вклейки) и последующего измерения давления на поверхности модели.

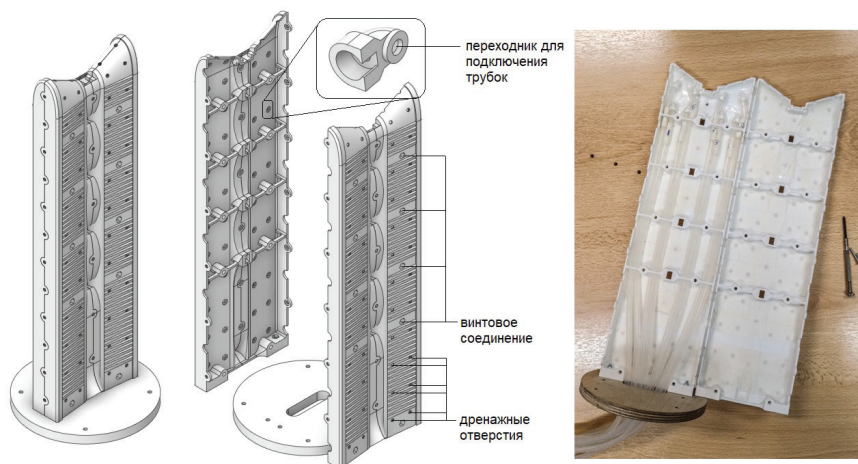


Рис. 2. Экспериментальная модель здания

**К СТАТЬЕ А. А. САТАНОВА, М. Л. ПОЗДЕЕВА, А. В. СИМОНОВА,
П. А. ХАЗОВА, А. П. ПОМАЗОВА «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ
КОЭФФИЦИЕНТОВ НА ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ»**



Рис. 1. Макет здания в аэродинамической трубе

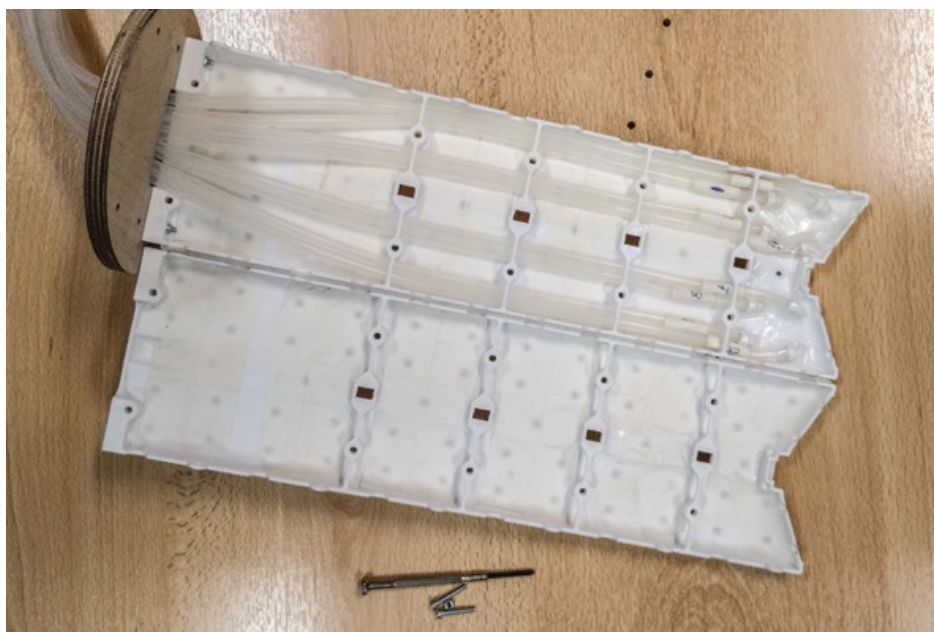


Рис. 2. Размещение дренирующих трубок в макете

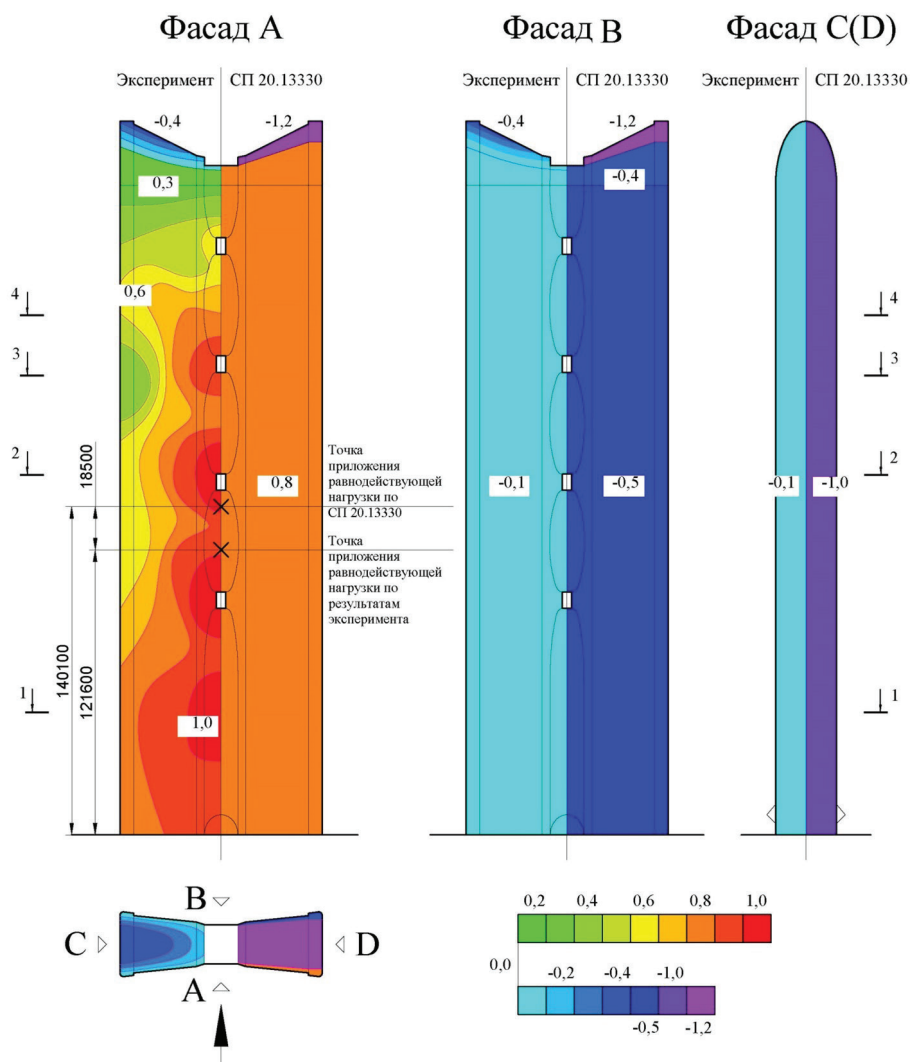


Рис. 3. Изополя распределения аэродинамических коэффициентов по результатам эксперимента и согласно данным СП 20.13330.2016 для эквивалентного по внешним габаритам прямоугольного здания $87,4 \times 27,0 \times 277,2$ м и арочного покрытия эквивалентного размера в плане $87,4 \times 27,0$ м с переменной стрелой подъема 27,3–12,6 м

Эксперимент выполнялся в аэродинамической трубе лаборатории кафедры отопления и вентиляции ННГАСУ (рис. 1 цв. вклейки). Модель располагалась внутри установки (рис. 3), где создавался равномерный поток воздуха скоростью 12 м/с. Измерение скорости ветрового потока производилось чашечным анемометром МС-13 У1.1 ГОСТ 6376-74, статического давления на поверхности модели – микроманометром ММН-240(5)-1,0ТУ 25-01-816-79. Эксперимент проводился для направления ветра, действующего перпендикулярно главному фасаду здания (фасад А на рис. 3 цв. вклейки).

После преобразований показаний микроманометра вычислялись значения аэродинамических коэффициентов по формуле:

$$c_e = p_{\text{пов}} / p_0, \quad (1)$$

где $p_{\text{пов}}$ – давление, измеренное в изучаемой точке поверхности; p_0 – динамическое давление, оказываемое ветровым потоком на вертикальную поверхность.

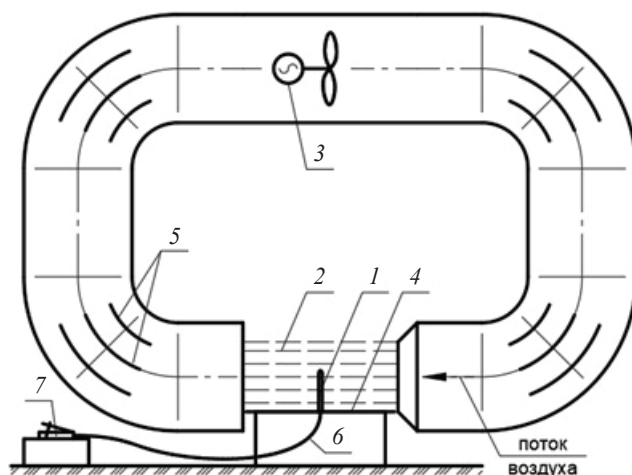


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 – исследуемая модель объекта; 2 – рабочая область аэродинамической трубы; 3 – аэродинамическая труба с осевым вентилятором; 4 – подставка под модель здания; 5 – направляющие ребра; 6 – гибкая трубка; 7 – микроманометр

Значения аэродинамических коэффициентов, полученные при проведении эксперимента, представлены на рис. 3 цв. вклейки.

Также были рассмотрены значения аэродинамических коэффициентов, представленные в приложении В [1] как для эквивалентного по внешним габаритам прямоугольного здания 87,4×27,0×277,2 м (п. В.1.2 «Прямоугольные в плане здания с двускатными покрытиями» [1]) и арочного покрытия эквивалентного размера в плане 87,4×27,0 м с переменной стрелой подъема 27,3–12,6 м (п. В.1.3 «Прямоугольные в плане здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями» [1]).

На рис. 4 показаны эпюры нормативных ветровых давлений в характерных сечениях на высотах 55, 155, 195 и 225 метров, вычисленные согласно [1]. Увеличение давлений к середине сечения может быть обусловлено формой здания, способствующей «сгущению» ветровых потоков к центральной оси здания. Численный анализ ветровых потоков представлен в исследованиях [19, 20].

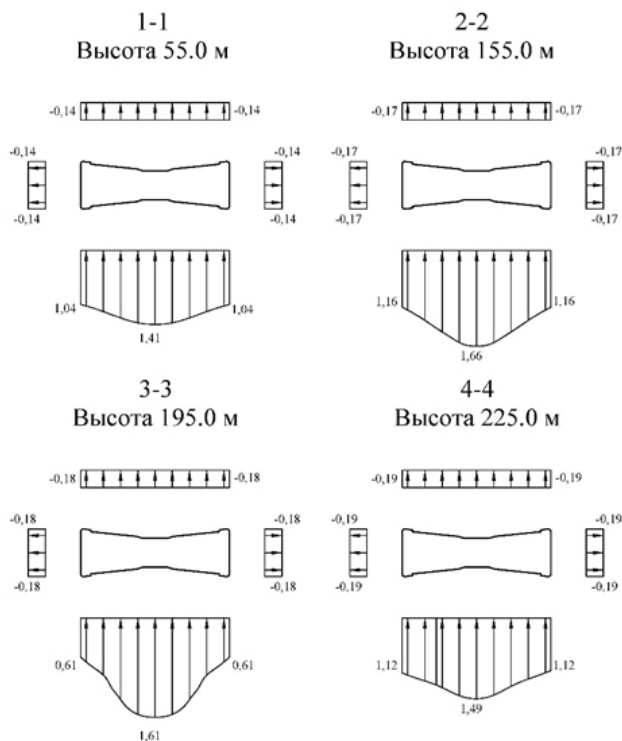


Рис. 4. Эпюры нормативных ветровых давлений в характерных сечениях здания (места расположения сечений показаны на рис. 3 цв. вклейки)

В результате анализа полученных экспериментально аэродинамических коэффициентов можно сделать следующие выводы:

1) Осредненное по площади значение аэродинамического коэффициента для наветренной части здания составляет 0,76 и соответствует значению 0,8, представленному в нормативных документах [1]. Однако его распределение, в связи с наличием сквозных проемов в верхней части здания, неравномерно по высоте и изменяется от 1,0 до 0,3, из-за чего точка приложения равнодействующей нагрузки смещается ниже и, соответственно, создаваемый опрокидывающий момент в основании здания уменьшается.

2) Локальное увеличение аэродинамических коэффициентов в месте расположения проемов для установки ветрогенераторов говорит об увеличении давления и скорости внутри проемов и, соответственно, эффективном вовлечении ветрового потока к расположенным внутри ветрогенераторным установкам, подтверждая результаты ранее проведенного численного исследования [19, 20].

3) Осредненное по площади значение аэродинамического коэффициента для подветренной части здания составляет 0,1 в абсолютном выражении, что много меньше нормативного значения равного 0,5. Данное явление может быть связано с частичным «сбросом давления» за счет наличия проемов с наветренной части фасада, как это показано для объектов-аналогов [21].

4) Интегральное значение лобового сопротивления по результатам эксперимента составило 0,9, что меньше значения 1,3 по нормативным документам [1] как для прямоугольного в плане здания эквивалентных габаритных размеров, что



говорит об эффективном применении метода дренирования фасада здания для уменьшения ветрового давления.

5) Значения аэродинамических коэффициентов для арочной части здания в области пониженного давления составляют 0,4 в абсолютном выражении, что в 3 раза меньше нормативного значения 1,2. С учетом работ [8], в которых для такого типа покрытий прогнозируются значения, превосходящие нормативные, в качестве расчетных рекомендуется принимать значения коэффициентов, представленные в нормативных документах [1] в целях обеспечения надежности и безопасности работы строительных конструкций.

По результатам проведенного исследования можно заключить, что корректировка внешней оболочки высотных зданий может значительно снизить ветровое воздействие на здание (в работе показан один из таких способов – устройство сквозных проемов «сброса давления»). Использование нормативных методик при определении ветровых нагрузок на такие здания ведет к избыточности принимаемых в дальнейшем конструктивных решений, а вынужденное повышение жесткости здания в результате этого – к увеличению динамических нагрузок на здание за счет резонансных эффектов [16].

Работа выполнялась в рамках государственного задания ИПФ РАН на проведение фундаментальных научных исследований на 2021–2023 гг. по теме № 0030-2021-0025.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*: дата введения 4 июня 2017 г. – Москва : Минстрой России, 2016. – 80 с. – Текст : непосредственный.
2. Генералов, В. П. Высотные жилые здания и комплексы : монография / В. П. Генералов, Е. М. Генералова. – Самара : Книга, 2013. – 398 с. – ISBN 978-5-91899-074-2. – Текст : непосредственный.
3. Казакевич, М. И. Актуальные проблемы аэродинамики высотных здания / М. И. Казакевич. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – 2007. – Т. 13, № 3. – С.151–161.
4. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В. Н. Гордеев, А. И. Лантух-Лященко, В. А. Пашинский, А. В. Перельмутер, С. В. Пичугин. – Москва : АСВ, 2007. – 476 с. – ISBN 978-5-93093-404-5. – Текст : непосредственный.
5. Барштейн, М. Ф. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / М. Ф. Барштейн. – Москва : Стройиздат, 1978 – 216 с. – Текст : непосредственный.
6. Симиу, Э. Воздействия ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан. – Москва : Стройиздат, 1984. – 360 с. – Текст : непосредственный.
7. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : монография / Э. И. Реттер. – Москва : Стройиздат, 1984. – 294 с. – Текст : непосредственный.
8. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – Москва : Стройиздат, 1972. – 111 с. – Текст : непосредственный.
9. Поддаева, О. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : учебное пособие / О. И. Поддаева, А. С. Кубенин, П. С. Чурин / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – Москва : НИУ МГСУ, 2015. – 88 с. – ISBN 978-5-7264-1194-1. – Текст : непосредственный.
10. ГОСТ Р 56728-2015. Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 ноября 2015 г. № 1892-ст : дата введения 2016-05-01. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 12 с. – Текст : непосредственный.
11. ТКП EN 1991-1-4:2009. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4.



Общие воздействия. Ветровые воздействия : утвержден и введен в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 10 декабря 2009 г. № 404. – URL: <http://www.cstroy.ru/files/ntdoc/np1991-1-4.pdf>. – Текст : электронный.

12. Экспериментальное исследование распределения ветровой нагрузки на поверхность большепролетного здания / П. А. Хазов, А. В. Февральских, Б. Б. Лампси, Ю. Д. Щелокова, А. М. Анущенко. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 2. – С. 9–16.

13. Исследование обтекания воздушными потоками большепролетной поверхности численным и экспериментальным методами / А. М. Анущенко, В. И. Ерофеев, П. А. Хазов, А. А. Сатанов, А. В. Февральских. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 1. – С. 9–18.

14. Сатанов, А. А. Исследование обтекания потоками воздуха уникального высотного здания методом аэродинамического эксперимента / А. А. Сатанов, А. Д. Васин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 3. – С. 38–46.

15. Численное и экспериментальное исследование распределения ветровой нагрузки на криволинейное большепролетное покрытие / П. А. Хазов, А. М. Анущенко, Е. А. Онищук, Ю. Д. Щелокова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – № 1. – С. 16–21.

16. Влияние штормовой нагрузки на поврежденность материала несущих конструкций каркасного здания / В. И. Ерофеев, Е. А. Никитина, П. А. Хазов, А. А. Сатанов, А. А. Генералова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 1. – С. 9–15.

17. Хазов, П. А. Численный анализ применимости нормативных методик при назначении ветровой нагрузки на большепролетные поверхности / П. А. Хазов, А. М. Анущенко. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – № 3. – С. 19–27.

18. Численное и физическое моделирование ветрового воздействия на группу высотных зданий / С. В. Гувернюк, О. О. Егорычев, С. А. Исаев, Н. В. Корнев, О. И. Поддаева. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2011. – Том 1, № 3. – С. 185–191.

19. Хазов, П. А. Оптимизация форм энергоэффективных зданий с ветрогенераторами / П. А. Хазов, М. Л. Поздеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 4. – С. 55–63.

20. Поздеев, М. Л. Оптимальная ориентация энергоэффективных зданий с ветрогенераторами / М. Л. Поздеев. – Текст : непосредственный // XI Всероссийский Фестиваль науки : сборник докладов / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2021 – 1438 с.

21. Karadag, Ilker Wind Turbine Integration to Tall Buildings / Ilker Karadag, Izzet Yüksek // Intech Open. – 2020. – P. 15. – DOI: 10.5772/intechopen.91650.

SATANOV Andrey Andreevich¹, post-graduate student; POZDEEV Maksim Leonidovich², student; SIMONOV Aleksandr Vyacheslavovich², student; POMAZOV Artyom Pavlovich², student; KHAZOV Pavel Alekseevich², candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics, head of the laboratory of continuous monitoring of the technical condition of buildings and structures

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE DISTRIBUTION OF AERODYNAMIC COEFFICIENTS ON A HIGH-RISE BUILDING



¹Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences – Branch of the Federal Research Center «Institute of Applied Physics of the RAS»

85, Belinsky St., Nizhny Novgorod, 603024, Russia. Tel.: + 7 (831) 432-05-76, +7 (910) 133-38-66; e-mail: andrewsatanov@gmail.com

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: (831) 430-54-96, +7 (908) 756-24-56; e-mail: maksim.leon.pz@yandex.ru

Key words: high-rise building, wind turbine, building model, aerodynamic installation, aerodynamic experiment, aerodynamic coefficient, wind pressure relief, wind load.

The article analyzes distribution of pressure from wind flows on the surface of a high-rise building with openings for wind turbines installation. A model experiment in a wind tunnel showed that the results of a preliminary approximate assessment by standard methods have sufficient convergence, but do not take into account a number of factors, such as a sharp decrease in wind suction on the back surface and a decrease in aerodynamic coefficients along the height of the building, especially in the arched part.

REFERENCES

1. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya. [Loads and effects] : utverzhd. prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (Minstroy Rossii) ot 3 dekabrya 2016 g. № 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85* : data vved. 4 iyunya 2017 g. – Moscow : Minstroy Rossii. 2016. 80 p.

2. Generalov V. P., Generalova E. M. Vysotnye zhilye zdaniya i komplekсы [High-rise residential buildings and complexes]. Monograph. Samara : Kniga, 2013. 398 p. – ISBN 978-5-91899-074-2.

3. Kazakevich M. I. Aktualnye problemy aerodinamiki vysotnykh zdaniy [Actual problems of aerodynamics of high-rise buildings]. Metallicheskie konstruksii [Metal structures]. 2007. Vol. 13. № 3. P. 151–161.

4. Gordeev V. N., Lantukh-Lyaschenko A. I., Pashinsky V. A., Perelmutter A. V., Pichugin S. V. Nagruzki i vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya [Loads and impacts on buildings and structures]. – Moscow: ASV, 2007. 476 p. – ISBN 978-5-93093-404-5.

5. Barshteyn M. F. Rukovodstvo po raschyotu zdaniy i sooruzheniy na deystvie vetra [Guidelines for the calculation of buildings and structures for the action of the wind]. Moscow: Stroyizdat, 1978. 216 p.

6. Simiu E., Scanlan R. Vozdeystviya vetra na zdaniya i sooruzheniya [Wind effects on structures]. Moscow, Stroyizdat. 1984. 360 p.

7. Retter E. I. Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika [Architectural and constructional aerodynamics]. Moscow, Stroyizdat. 1984. 294 p.

8. Savitsky G. A. Vetrovaya nagruzka na sooruzheniya [Wind load on structures]. Moscow, Stroyizdat, 1972. 111 p.

9. Poddaeva O. I., Kubenin A. S., Churin P. S. Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika [Architectural-construction aerodynamics]: uchebnoe posobie / Natsional. issledovat. Moskovsk. gos. stroit. un-t. – Moscow: NIU MGSU, 2015, 88 p. – ISBN 978-5-7264-1194-1.

10. GOST R 56728-2015. Zdaniya i sooruzheniya. Metodika opredeleniya vetrovykh nagruzok na ograždachskie konstruksii [Buildings and structures. Method of determining wind loads on enclosing structures] : utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnich. regulir. i metrologii ot 19 noyabrya 2015 g. № 1892-st : data vved. 2016-05-01. Moscow, Standartinform, 2016. 12 p.

11. ТКР EN 1991-1-4-2009. Eurocode 1 Vozdeystviya na konstruksii. Chast 1-4. Obschie vozdeystviya. Vetrovye vozdeystviya [Effects on constructions. Parts 1-4. General effects. Wind effects]: utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Ministerstva arkhitektury i stroitelstva Respubliki Belarus ot 10 dekabrya 2009 g. № 404. – URL: <http://www.cstroy.ru/files/ntdoc/np1991-1-4.pdf>.



12. Khazov P. A., Fevral'skiykh, A. V., Lamps B. B., Schyolokova Yu. D., Anuschenko A. M. Eksperimentalnoe issledovanie raspredeleniya vetrovoy nagruzki na poverkhnost bolsheprolyotnogo zdaniya [Experimental study of wind load distribution on the surface of large-span buildings]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2019. № 2. P. 9–16.

13. Anuschenko A. M., Erofeev V. I., Khazov P. A., Satanov A. A., Fevral'skikh A. V. Issledovanie obtekaniya vozdushnymi potokami bolsheprolyotnoy poverkhnosti chislennym i eksperimentalnym metodami [Study of air flows streamlining of a large-span surface by numerical and experimental methods]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. – № 1. – P. 9–18.

14. Satanov A. A., Vasin A. D. Issledovanie obtekaniya potokami vozdukha unikalnogo vysotnogo zdaniya metodom aerodinamicheskogo eksperimenta [Experimental study of wind pressure distribution on a unique-shape high-rise building]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2021. – № 3. – P. 38–46.

15. Khazov P. A., Anuschenko A. M., Onischuk E. A., Schyolokova Yu. D. Chislennoe i eksperimentalnoe issledovanie raspredeleniya vetrovoy nagruzki na krivolineynoe bolsheprolyotnoe pokrytie [Numerical and experimental study of the distribution of the wind load on the curvilinear large-span covering]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2020. № 1. P. 16–21.

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

17. Khazov P. A., Anuschenko A. M. Chislenny analiz primenimosti normativnykh metodik naznacheniya vetrovoy nagruzki na bolsheprolyotnye poverkhnosti [Numerical analysis of normative methods applicability for assigning wind loads to large-span coatings]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2020. № 3. P. 19–27.

18. Guvern'yuk S. V., Egorychev O. O., Isaev S. A., Kornev N. V., Poddaeva O. I. Chislennoe i fizicheskoe modelirovanie vetrovogo vozdeystviya na gruppu vysotnykh zdaniy [Numerical and physical modeling of wind impact on a group of high-rise buildings]. *Vestnik MGSU*. [MGSU Bulletin]. 2011. Vol. 1. № 3. P. 185–191.

19. Khazov P. A., Pozdeev M. L. Optimizatsiya form energoeffektivnykh zdaniy s vetrogeneratorami [Optimization of forms of energy-efficient buildings with wind turbines]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. № 4. P. 55–63.

20. Pozdeev M. L. Optimalnaya orientatsiya energoeffektivnykh zdaniy s vetrogeneratorami [Optimal Orientation of Energy Efficient Buildings with Wind Turbines]. XI Vserossiyskiy Festival nauki [All-Russian Science Festival]: sbornik dokladov. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t, 2021 – 1438 p.

21. Karadag, Ilker. Wind Turbine Integration to Tall Buildings / Ilker Karadag, Izzet Yüksek // *Intech Open*. – 2020. – P. 15. – DOI: 10.5772/intechopen.91650.

© А. А. Сатанов, М. Л. Поздеев, А. В. Симонов, А. П. Помазов, П. А. Хазов, 2022
Получено: 28.05.2022 г.



УДК 624.154.1

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

ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ЛИНЕЙНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ПРИЗМАТИЧЕСКИМИ СВАЯМИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ “MIDAS”

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;

эл. почта: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru

Ключевые слова: грунтовый массив, ряды призматических свай, горизонтальные нагрузки и перемещения, компьютерные модели.

Приводятся результаты исследований горизонтально нагруженных свайных фундаментов с линейно расположенными призматическими сваями в программном комплексе “MIDAS GTS NX”. Результаты выполненных исследований целесообразно использовать при проектировании свайных фундаментов и в расчетах свай как элементов железобетонных конструкций по прочности на образование и раскрытие трещин.

Необходимость исследований работы ленточных свайных фундаментов с передающимися на них горизонтальными нагрузками, действующими вдоль рядов свай, обусловлена потребностями строительства зданий и сооружений различного назначения на склоновых территориях; промышленных зданий и сооружений с большими горизонтальными нагрузками, передающимися на фундаменты; гидротехнических, противооползневых и противоселевых сооружений. Такого рода исследования взаимодействия забивных призматических свай с однородным грунтовым массивом в пространственной постановке были выполнены авторами с использованием программного комплекса “MIDAS GTS NX”, использующегося при проектировании различных, в том числе и уникальных объектов гражданского, промышленного и транспортного назначений [1].

Верификация геомеханической модели системы «свайный фундамент – грунтовое основание», использовавшаяся в исследованиях, была выполнена в соответствии с методикой, подробно описанной в нескольких работах, в которых в качестве основы авторами использовались результаты испытаний свай статическими вдавливающими нагрузками и результаты инженерно-геологических изысканий, выполненных на одном из участков застройки нагорной части Нижнего Новгорода [2–4].

Исследования выполнялись на моделях, состоящих из 1, 2 и 3 рядов свай соответственно с 4 и 6 сваями в каждом ряду (табл. 1).

При создании компьютерных моделей были выполнены следующие условия (рис. 1–3 цв. вклейки):

1. Для формирования расчетной области грунтового массива использовалась гибридная (комбинированная) форма сетки, состоящая из объемных элементов: 6 узловых тетраэдров и 8 узловых гексаэдров (рис. 1 цв. вклейки).

2. Околосвайная зона в виде фрагмента грунтового массива была сформирована из конечных элементов правильной формы – кубов с размером граней 0,15 м (рис. 2 цв. вклейки).

3. Призматические сваи длиной 6 м с поперечным сечением 0,3×0,3 м сфор-



мированы трехмерными пространственными элементами-кубами с размером граней 0,15 м (рис. 3 цв. вклейки).

Таблица 1

Расчетная модель	Количество свай в ряду	Количество рядов свай	Расстояние между рядами
1.1	4	1	-
1.2		2	$3d$
1.3		3	$3d$
1.4		2	$6d$
2.1	6	1	-
2.2		2	$3d$
2.3		3	$3d$
2.4		2	$6d$

4. Совместная работа призматических свай и околосвайного грунта, обеспечиваемая работой контактного слоя грунта, представляющего собой тонкую оболочку толщиной 10–100 мм с заданными физико-механическими свойствами, сформирована интерфейсными элементами, разделяющими связанные узлы между конечными элементами свай и грунта (рис. 3 цв. вклейки). Свойства контактных интерфейсных элементов описывались такими параметрами как: модуль нормальной жесткости; модуль сдвиговой жесткости; удельное сцепление; угол внутреннего трения; угол дилатансии и прочность грунта при растяжении.

5. Объемные силы от собственного веса свай и ростверка, собственного веса грунта основания были созданы программным комплексом автоматически с использованием введенных в программу значений объемного веса грунта и объемного веса материала свай и ростверка.

При выполнении численных расчетов были назначены граничные условия для закрепления и перемещений расчетной области:

- на верхней горизонтальной поверхности расчетной области – свободное перемещение узлов по всем направлениям;
- на вертикальных гранях – свободное перемещение в вертикальном направлении (вдоль оси Z) и запрет на горизонтальные перемещения (вдоль осей X и Y);
- на нижней горизонтальной плоскости – запрет на перемещения по всем направлениям.

Для моделирования работы однородного грунтового основания, сложенного суглинками, использовалась упругопластическая модель Мора-Кулона и характеристики глинистого грунта естественного сложения: удельный вес $\gamma = 18,6 \text{ кН/м}^3$; коэффициент пористости $e = 0,820$; коэффициент Пуассона $\nu = 0,37$; удельное сцепление $c = 20 \text{ кПа}$; угол внутреннего трения $\varphi = 22^\circ$; модуль деформации $E = 9,5 \text{ МПа}$, принятые по материалам инженерно-геологических изысканий.

В результате выполненных исследований работы однорядных свайных фундаментов было установлено:

1. Качественная картина работы горизонтально нагруженных моделей свайных фундаментов в полной мере соответствует работе свайных фундаментов в натурных испытаниях горизонтальными нагрузками [2]. При этом моделируемые фундаменты испытывают не только горизонтальные перемещения, развивающиеся в результате податливости основания и конечной жесткости свай, но и крен, возникающий из-за осадки свай, работающих на вдавливающую нагрузку,

К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА
«ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ
ФУНДАМЕНТОВ С ЛИНЕЙНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ
ПРИЗМАТИЧЕСКИМИ СВАЯМИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ
“MIDAS”»

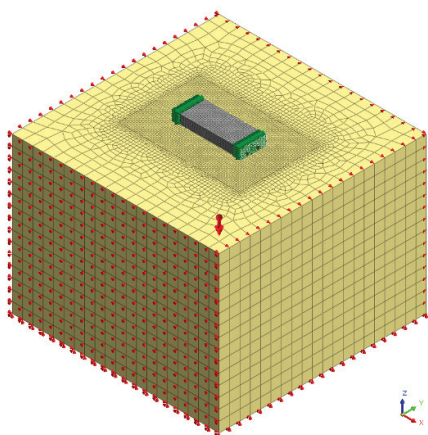


Рис. 1. Трехмерная компьютерная модель 2.3 системы «грунтовое основание – свайный фундамент»

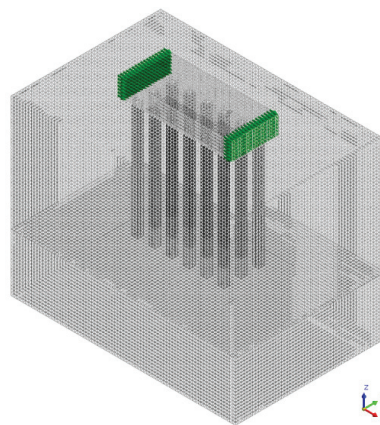


Рис. 2. То же, см. рис. 1. Сгущение сетки конечных элементов около свайного пространства

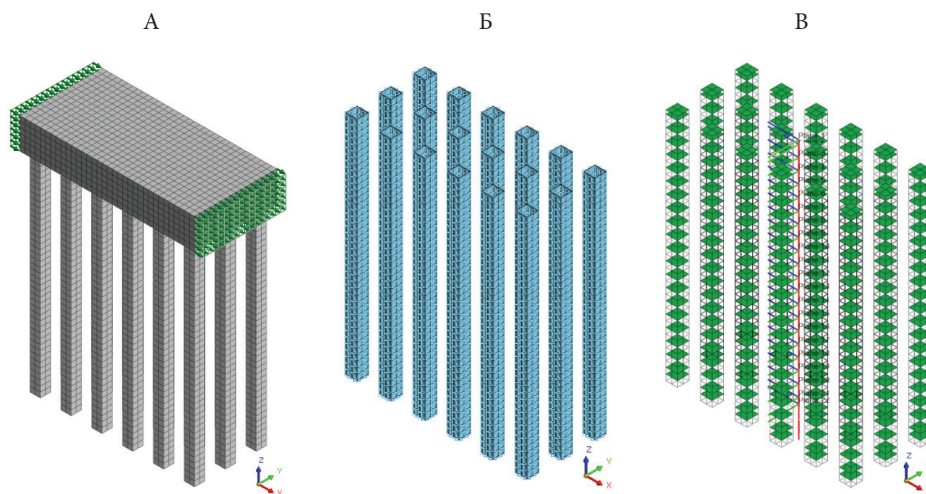


Рис. 3. Трехмерная компьютерная модель 2.3: А – Призматические сваи, объединенные жестким ростверком; Б – Интерфейсные элементы на контакте сваи с грунтом; В – Расчетные сечения по длине свай для определения внутренних усилий

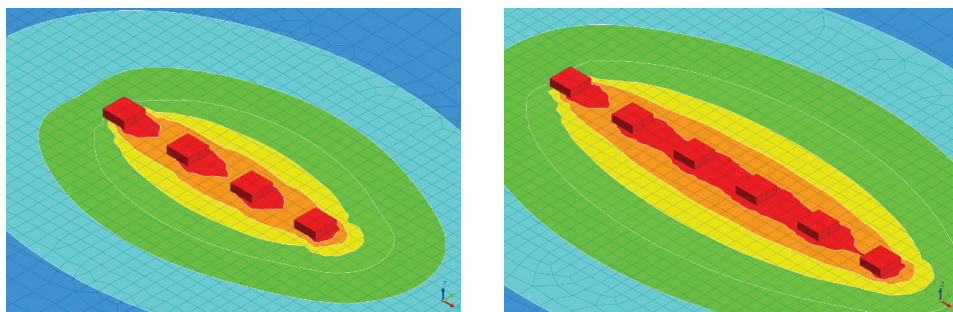


Рис. 4. Расчетные модели 1.1 и 2.1 (ряды из 4 и 6 свай). Изополя горизонтальных перемещений (по оси X) фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности массива при действии горизонтальной нагрузки H , вызывающей горизонтальное перемещение свай $\Delta = 10$ мм

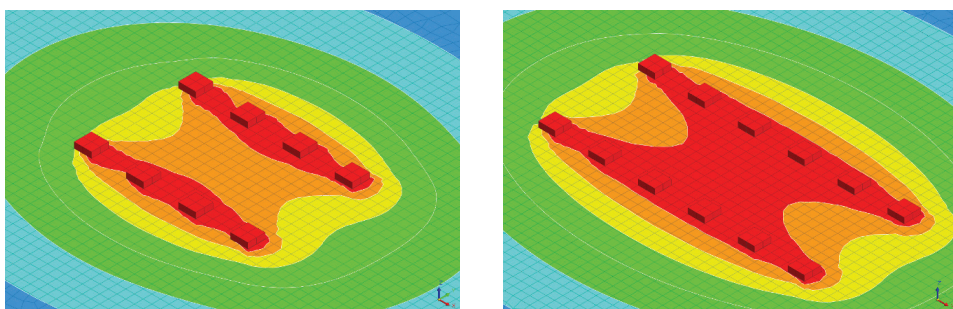


Рис. 5. Расчетные модели 1.4 и 2.4 (ряды из 4 и 6 свай). Изополя горизонтальных перемещений (по оси X) фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности массива при действии горизонтальной нагрузки H , вызывающей горизонтальное перемещение свай $\Delta = 10$ мм

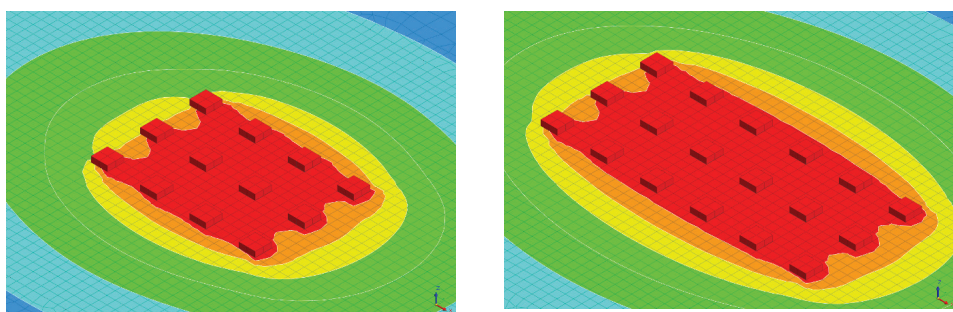


Рис. 6. Расчетные модели 1.3 и 2.3 (ряды из 4 и 6 свай). Изополя горизонтальных перемещений (по оси X) фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности массива при действии горизонтальной нагрузки H , вызывающей горизонтальное перемещение свай $\Delta = 10$ мм

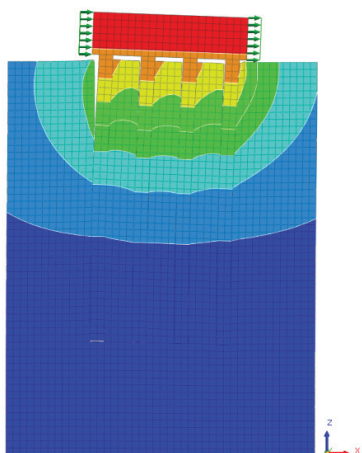


Рис. 7. Расчетная модель 1.1. Изополя горизонтальных перемещений (по оси X) ряда из 4 свай и околосвайного грунта при действии горизонтальной нагрузки H , вызывающей горизонтальное перемещение свай в уровне поверхности грунтового массива $\Delta = 10$ мм

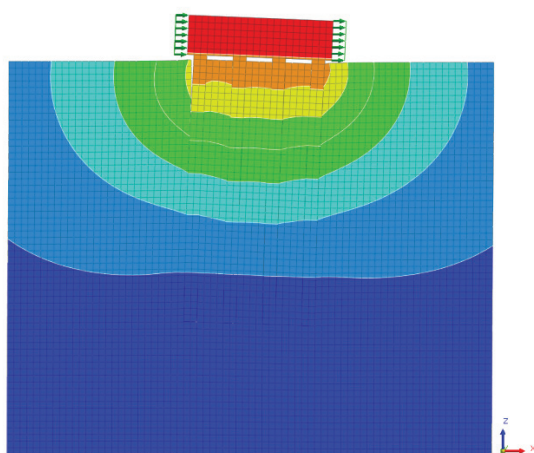


Рис. 8. Расчетная модель 1.4. Изополя горизонтальных перемещений (по оси X) среднего ряда из 4 свай и околосвайного грунта при действии горизонтальной нагрузки H , вызывающей горизонтальное перемещение свай в уровне поверхности грунтового массива $\Delta = 10$ мм

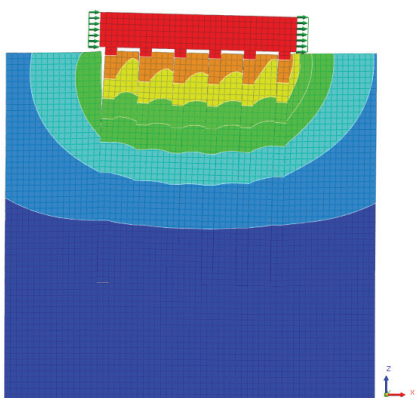


Рис. 9. Расчетная модель 2.1. Изополя горизонтальных перемещений (по оси X) ряда из 6 свай и околосвайного грунта при действии горизонтальной нагрузки H , вызывающей горизонтальное перемещение свай в уровне поверхности грунтового массива $\Delta = 10$ мм

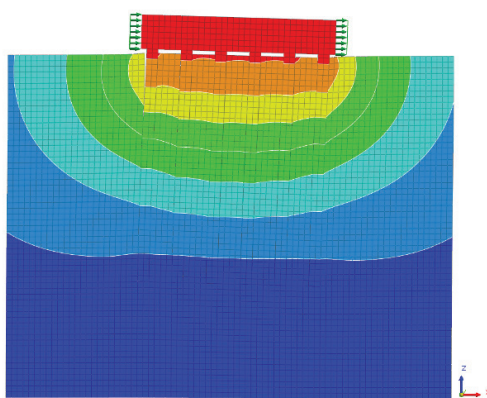


Рис. 10. Расчетная модель 2.4. Изополя горизонтальных перемещений (по оси X) среднего ряда из 6 свай и околосвайного грунта при действии горизонтальной нагрузки H , вызывающей горизонтальное перемещение свай в уровне поверхности грунтового массива $\Delta = 10$ мм

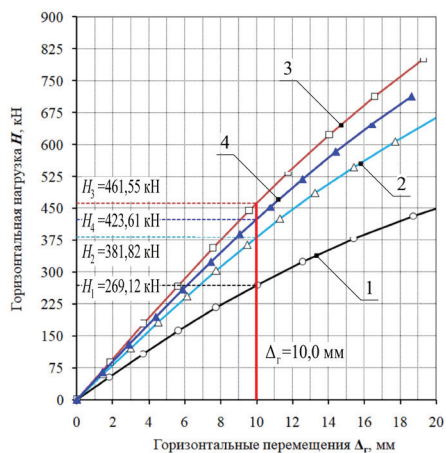


Рис. 11. Зависимость горизонтальных перемещений Δ_r , мм от горизонтальных нагрузок H , кН: 1–4 – расчетные модели 1.1–1.4 (ряды из 4 свай)

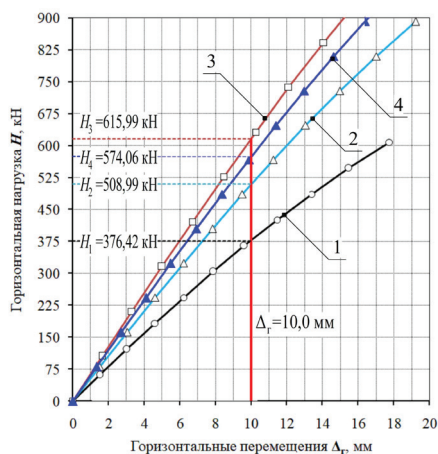


Рис. 12. Зависимость горизонтальных перемещений Δ_r , мм от горизонтальных нагрузок H , кН: 1–4 – расчетные модели 2.1–2.4 (ряды из 6 свай)

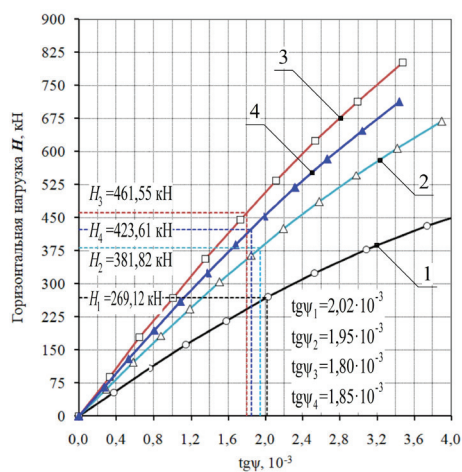


Рис. 13. Зависимость крена $\text{tg}\psi$, 10^{-3} от горизонтальных нагрузок H , кН: 1–4 – расчетные модели 1.1–1.4 (ряды из 4 свай)

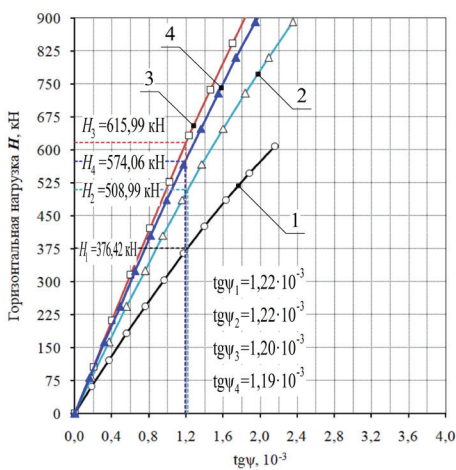


Рис. 14. Зависимость крена $\text{tg}\psi$, 10^{-3} от горизонтальных нагрузок H , кН: 1–4 – расчетные модели 2.1–2.4 (ряды из 6 свай)



и вертикальных перемещений свай, работающих на выдергивающую нагрузку (рис. 4–10 цв. вклейки).

2. При увеличении количества свай в ряду с 4 до 6 общее сопротивление фундамента воздействию горизонтальной нагрузки увеличивается, однако среднее значение горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваю, снижается на 6,7 %: с 67,28 до 62,74 кН (табл. 2, 3; рис. 11–14 цв. вклейки). При этом за счет увеличения пространственной жесткости в плоскости действия нагрузки устойчивость фундамента из 6 свай, по сравнению с фундаментом из 4 свай, увеличивает-ся, а крен соответственно уменьшается на 39,6 %.

Исследованиями работы 2- и 3-рядных свайных фундаментов было установлено (табл. 2, 3; рис. 1–6):

1. При увеличении количества рядов свай в фундаменте до 2 и 3 с расстоянием между рядами равным $3d$ (d – размер стороны квадратного поперечного сечения сваи) общее сопротивление фундаментов действию горизонтальной нагрузки соответственно увеличивается (табл. 2, 3; рис. 1–4), однако, нагрузка, приходящаяся на один ряд свай, снижается из-за снижения реактивного сопротивления грунта, защемленного между рядами свай и перемещающегося вместе со сваями.

Таблица 2

Ряды из 4 свай			
Расчетная модель	Горизонтальная нагрузка H , кН	Нагрузка на ряд свай H_p , кН	Средняя нагрузка на сваю H_c , кН
1.1	269,12	269,12	67,28
1.2	381,82	190,91	47,73
1.3	461,55	153,85	38,46
1.4	423,61	211,81	52,95

Таблица 3

Ряды из 6 свай			
Расчетная модель	Горизонтальная нагрузка H , кН	Нагрузка на ряд свай H_p , кН	Средняя нагрузка на сваю H_c , кН
2.1	376,42	376,42	62,74
2.2	508,99	254,50	42,42
2.3	615,99	205,33	34,22
2.4	574,06	287,03	47,84

2. Средняя величина горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваю в 2- и 3-рядных фундаментах снижается (табл. 2, 3; рис. 1, 2):

1) в 2 рядах из 4 свай – с 67,28 до 47,73 кН (29,1 %) и в 3 рядах – до 38,46 кН (42,8 %);

2) в 2 рядах из 6 свай – с 62,74 до 42,42 кН (32,4 %) и в 3 рядах – до 34,22 кН (45,5 %).

3. Увеличение расстояния между рядами с $3d$ до $6d$ при двухрядном расположении свай приводит к увеличению общего сопротивления 2-рядных фундаментов действию горизонтальной нагрузки по сравнению с 1-рядными фундаментами на 57,4 % (ряды из 4 свай) и на 52,5 % (ряды из 6 свай). Вместе с тем величина на-

грузки, приходящейся на 1 ряд, снижается на 21,3 % (для рядов из 4 свай) и на 23,8 % (для рядов из 6 свай), а среднее значение нагрузки на 1 сваю снижается соответственно на 21,3 % (в рядах из 4 свай) и на 23,8 % (в рядах из 6 свай) – табл. 2, 3; рис. 3, 4.

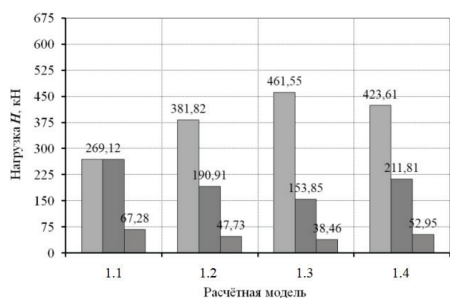


Рис. 1. Модели с рядами из 4 свай. Зависимость сопротивления фундаментов горизонтальным нагрузкам от количества рядов свай

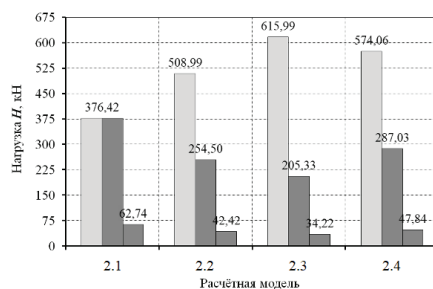


Рис. 2. Модели с рядами из 6 свай. Зависимость сопротивления фундаментов горизонтальным нагрузкам от количества рядов свай

4. Горизонтальная нагрузка распределяется между сваями, объединенными жестким недеформируемым ростверком, неравномерно. Наибольшие нагрузки приходятся на первую (лидирующую) и на последнюю (замыкающую ряд) сваю. При этом первая свая в ряду работает на максимальную вдавливающую нагрузку, а последняя свая работает на максимальную выдергивающую нагрузку. Горизонтальные нагрузки, приходящиеся на сваи, расположенные между крайними сваями, не превышают средней величины нагрузки (рис. 5, 6).

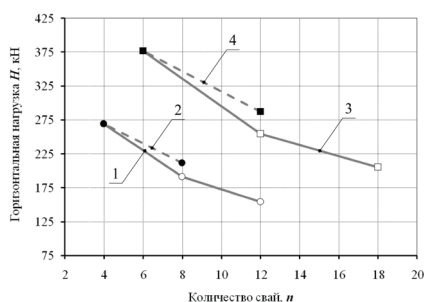


Рис. 3. Зависимости сопротивления рядов свай горизонтальным нагрузкам от количества рядов свай: 1, 2 – расчетные модели 1.1 и 1.4 при расстоянии между рядами соответственно $3d$ и $6d$; 3, 4 – расчетные модели 2.1 и 2.4 при расстоянии между рядами $3d$ и $6d$

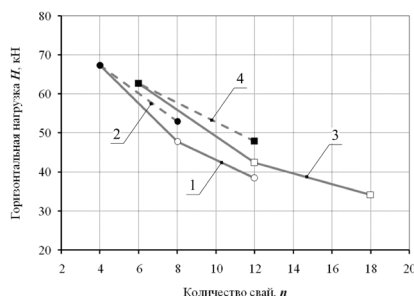


Рис. 4. Зависимости средней горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваю, от числа свай в ряду: 1, 2 – расчетные модели 1.2 и 1.4 при расстоянии между рядами соответственно $3d$ и $6d$; 3, 4 – расчетные модели 2.1 и 2.4 при расстоянии между рядами $3d$ и $6d$

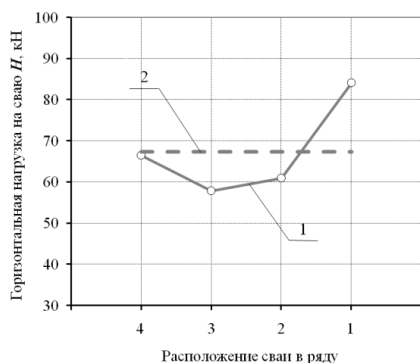


Рис. 5. Ряд из 4 свай: 1 – распределение горизонтальной нагрузки между сваями; 2 – среднее значение горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваю

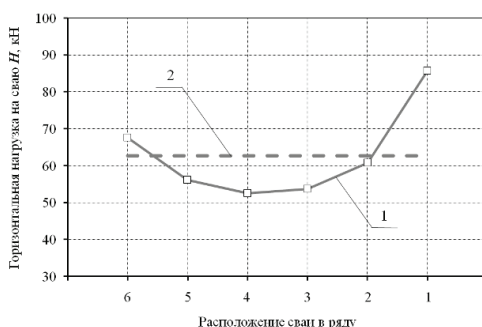


Рис. 6. Ряд из 6 свай: 1 – распределение горизонтальной нагрузки между сваями; 2 – среднее значение горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваю

Выявленные выполненными исследованиями особенности работы горизонтально нагруженных фундаментов из линейно расположенных призматических свай необходимо учитывать при проектировании свайных фундаментов и в расчетах свай как элементов железобетонных конструкций по прочности и на образование и раскрытие трещин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Верификационный отчет по программному комплексу MIDAS GTS. Том 1. Общие сведения. Матрица верификации Подземпроект. – Москва : Подземпроект, 2012. – 88 с. – Текст : непосредственный.
2. 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.
3. Григорьев, Ю. С. Верификация компьютерной модели забивной призматической сваи в многослойном грунтовом основании / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 2 (62). – С. 79–84.
4. Григорьев, Ю. С. Верификация и валидация геомеханической модели грунтового основания деформирующегося здания / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 3 (47). – С. 16–22.

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

INVESTIGATIONS OF THE FUNCTION OF HORIZONTALLY LOADED FOUNDATIONS WITH LINEARLY PLACED PRISMATIC PILES BY THE SOFTWARE PACKAGE "MIDAS"



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru

Key words: soil base, lines of prismatic piles, horizontal loads and displacements, computer models.

The article presents the results of studies of horizontally loaded pile foundations with linearly arranged prismatic piles by the "MIDAS" software package. The results of the performed studies should be used in the design of pile foundations and in the calculations of piles as elements of reinforced concrete structures for strength to prevent formation and opening of cracks.

REFERENCES

1. Verifikatsionnyj otchyt po programmnomu kompleksu MIDAS GTS. Tom 1. Obschie svedeniya. Matritsa verifikatsii [MIDAS GTS Software Complex Verification Report. Volume 1. General information. Verification matrix]. ООО «Podzemproekt». – Moscow, 2012. 88 p.
2. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Computernaya model raboty visyachey prismaticeskoy svai v massive glinistogo grunta [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.
3. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya komputernoy 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.
4. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya i validatsiya geomekhanicheskoy modeli gruntovogo osnovaniya deformiruyuschegosya zdaniya [Verification and validation of a geomechanical model of a soil basis of a deforming building]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 3. P. 16–22.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2022

Получено: 28. 06.2022 г.

УДК 699.841

Л. Ю. ТЯГУНОВА¹, ст. преп. кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии; И. В. ШКОДА^{1,2}, асс. кафедры теории сооружений и технической механики; К. И. АНИСЬКИНА¹, студент

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА БОЛЬШЕПРОЛЕТНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЕ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-94;
эл. почта: tyagunovaly@yandex.ru

²Институт проблем машиностроения РАН – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»
Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85. Тел.: (831) 432-05-76.

Ключевые слова: большепролетное покрытие, сейсмическая нагрузка, акселерограмма, землетрясение, динамический расчет, линейно-спектральный расчет.



Произведены расчеты большепролетного покрытия двумя методами: линейно-спектральным и прямым динамическим. Выполнен сравнительный анализ результатов расчетов, полученных двумя разными методами. Показано, что наиболее неблагоприятными являются результаты при задании загрузки по нормам, однако при наличии пакета акселерограмм-аналогов, схожих между собой по параметрам, необходимо производить оба расчета и принимать менее выгодный.

Землетрясение является высоко нелинейным быстротекущим процессом, который невозможно предсказать при краткосрочном прогнозе. Это опасное природное явление может не только привести к разрушениям зданий и сооружений, но и сопровождаться многочисленными человеческими жертвами, пожарами, катастрофическими авариями на инженерных коммуникациях [1, 2, 3].

За последние несколько десятков лет произошел активный рост количества сейсмоопасных регионов страны, а также изменение карт сейсморайонирования территории России в сторону увеличения прогнозируемой интенсивности сейсмических воздействий [4]. Поэтому при проектировании все большего количества зданий, расположенных на сейсмически активных территориях, необходимо в полной мере учитывать возможность возникновения такого опасного явления как землетрясение.

Большое количество научных работ отечественных и зарубежных авторов посвящено разработкам в области расчета конструкций на влияние землетрясений. Так, в статье [5] предложена *Fortran*-программа численного решения задач спектрального анализа сейсмических воздействий в виде записей акселерограмм, а также представлены алгоритмы решения путем математического моделирования.

Сейсмичность района строительства и тектоника

Для Крыма большую опасность из геологических процессов представляют землетрясения, вызванные природными эндогенными процессами. Особую роль в строении и развитии региона играют разрывные структуры различного порядка, среди которых выделяются ортогональные и диагональные системы. Разрывные нарушения характеризуются большой протяженностью и подчинены закономерности лениаментной тектоники.

Сейсмичность региона контролируется тектоническими напряжениями нескольких уровней: глобальными, межрегиональными, региональными и локальными.

Как видно из рис. 1 цв. вклейки, наиболее активна в сейсмическом отношении юго-восточная часть Крыма, где сейсмический эффект в эпицентральной области достигает интенсивности $I_0 = 9$ баллов по шкале MSK-64. Район, где расположен изучаемый объект, также характеризуется достаточно высокой сейсмической активностью.

В процессе создания карт сейсмического районирования России ОСР-2015 [6, 7, 8] и Украины ОСР 2004 [9] создано формализованное описание зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ), в том числе для Крыма, как основа для оценки сейсмической опасности.

Согласно картам ОСР 2015, изучаемый объект расположен в 9-балльной зоне сейсмической опасности по карте ОСР 2015-В (рис. 1 цв. вклейки). Для оценки сейсмической опасности необходима надежная сеймотектоническая модель, включающая все основные сейсмически активные геологические структуры.

Систематические сведения о землетрясениях Крыма начали появляться со второй половины XIX века. Они были систематизированы в виде унифициро-

ванного каталога [10] и уточнялись на основе сбора первичных сообщений [11]. Главная сейсмологическая особенность Крымского региона, выявленная за этот период, заключается в расположении проявивших себя сейсмоактивных зон почти исключительно в акватории Черного моря, где они недоступны для непосредственных наблюдений (рис. 2 цв. вклейки).

В настоящее время уровень сейсмической активности Керченско-Таманского региона низкий. За инструментальный период наблюдений здесь было зарегистрировано лишь несколько слабых сейсмических событий с магнитудой не более 4.0. Однако период инструментальных наблюдений слишком краток для выявления всех сейсмогенерирующих структур, т. к. повторяемость сильных землетрясений в Крыму может составлять несколько сотен лет. При скудности инструментальных сейсмологических данных в такой ситуации на первое место выступают палеосейсмологические исследования. Они направлены на выявление следов землетрясений в рельефе и позднелейстоцен-голоценовых отложениях.

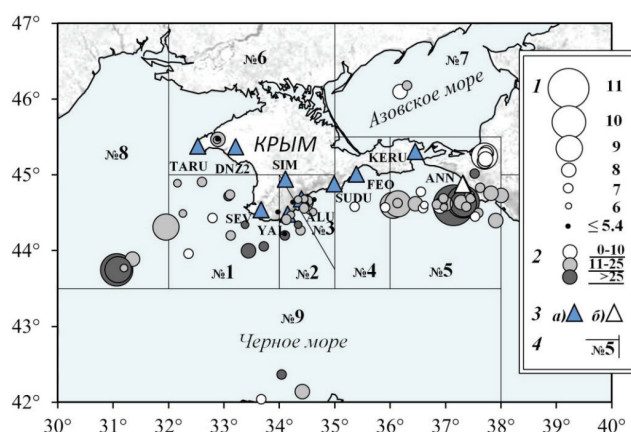


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Крыма в 2020 г.: 1 – энергетический класс К_п; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – сейсмическая станция: а – Крымская сеть, б – сеть Северного Кавказа; 4 – граница района

На рис. 1 отражено пространственное распределение эпицентров всех местных землетрясений с энергетическими классами $K_{п} = 4.4–11.3$ в 2020 г., а также условные границы районов региона.

Эпицентры большинства землетрясений региона относятся к акватории Черного моря. Максимальная плотность эпицентров – в Керченско-Анапском районе, который выделяется и повышенным энергетическим уровнем землетрясений относительно других районов. Примечательно, что в отличие от предыдущих лет, сейсмическая деятельность наблюдалась в каждом из девяти районов региона.

Согласно современным нормам [12], расчет конструкций и оснований зданий и сооружений, проектируемых для строительства в сейсмических районах, должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом расчетной сейсмической нагрузки [1, 13].

При выполнении расчетов зданий с учетом сейсмического воздействия необходимо рассмотреть две расчетные ситуации [13]:

1) Сейсмические нагрузки соответствуют уровню проектного землетрясения

**К СТАТЬЕ Л. Ю. ТЯГУНОВОЙ, И. В. ШКОДА, К. И. АНИСЬКИНОЙ
«СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА
БОЛЬШЕПРОЛЕТНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЯХ В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЕ»**

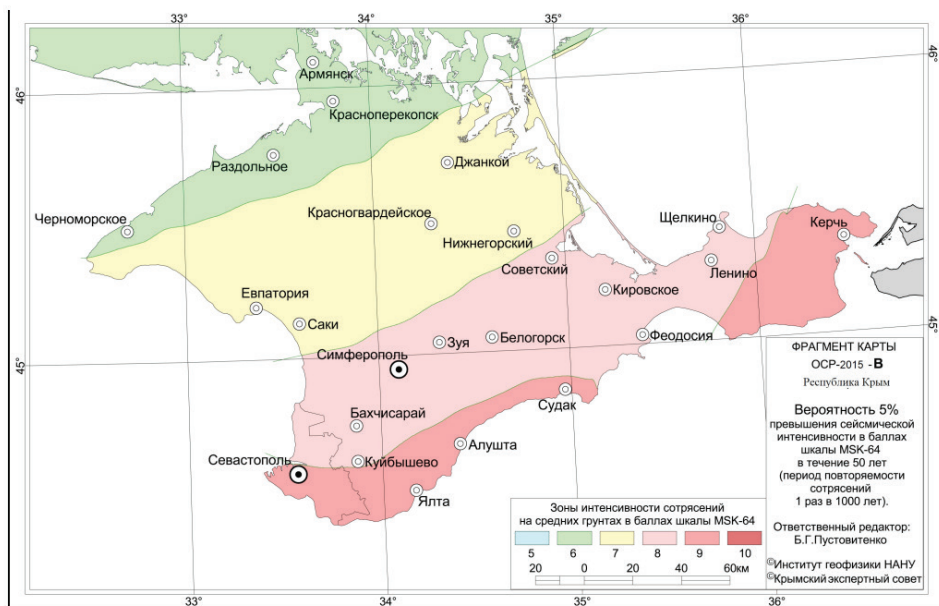


Рис. 1. Фрагмент карты ОСР-2015-В

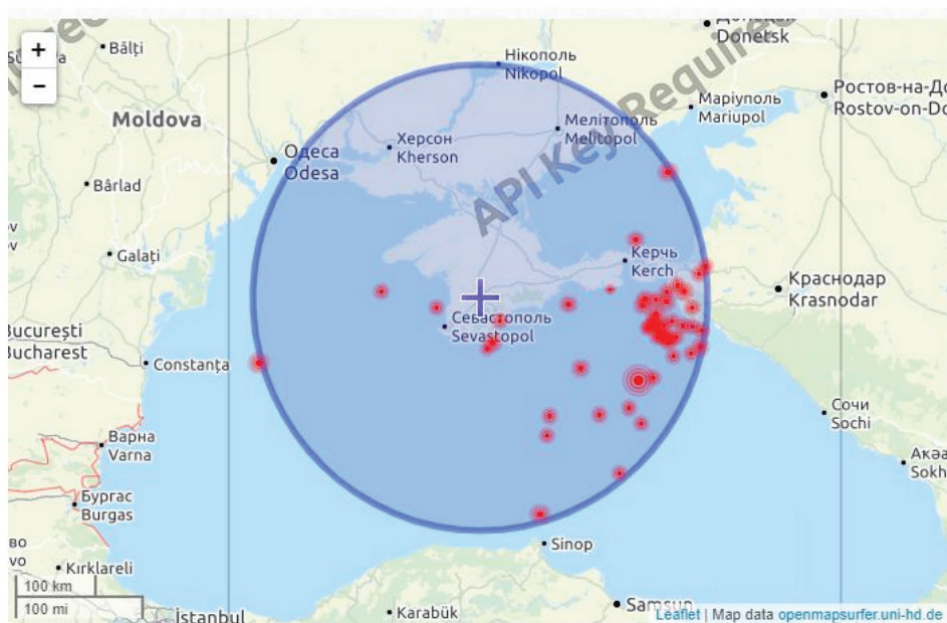


Рис. 2. Ближайшие очаги землетрясения в радиусе 300 км от объекта исследований

Таблица 1

Результаты расчета системы в ПВК SCAD. Анализ перемещений

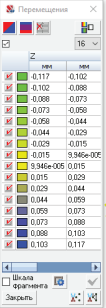

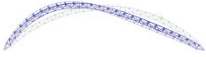
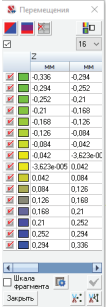
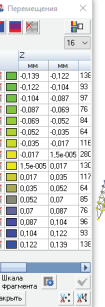

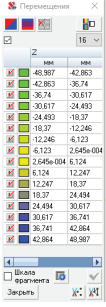
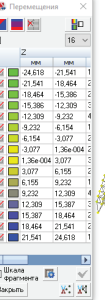

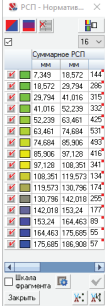
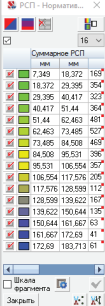
	Согласно СП 14.13330.2018	По акселерограммам
ДФСК1, сейсмическая нагрузка по направлению X		
ω , рад/с	3,529	
f , с ⁻¹	0,562	
T , с	1,781	
Форма колебаний		
ДФСК2, сейсмическая нагрузка по направлению X		
ω , рад/с	3,847	
f , с ⁻¹	0,612	
T , с	1,633	
Форма колебаний		
ДФСК3, сейсмическая нагрузка по направлению X		
ω , рад/с	4,101	
f , с ⁻¹	0,653	
T , с	1,532	
Форма колебаний		

Таблица 2

Результаты расчета системы в ПВК SCAD. Анализ суммарных перемещений

Согласно СП 14.13330.2018	По акселерограммам
	



(ПЗ). Целью расчета является предотвращение частичной или полной потери эксплуатационных свойств сооружением.

2) Сейсмические нагрузки соответствуют уровню контрольного землетрясения (КЗ). Целью расчета является предотвращение глобального обрушения сооружения или его частей.

Для зданий повышенного уровня ответственности необходимо выполнять расчет как на проектное, так и на контрольное землетрясение.

Основными методами для расчета сейсмического воздействия являются:

1) Линейно-спектральный метод расчета – метод расчета на сейсмостойкость, в котором значения сейсмических нагрузок определяются по спектрам ответа в зависимости от частот и форм собственных колебаний конструкции.

Данный метод расчета основан на разложении системы дифференциальных уравнений движения по собственным формам.

Главным преимуществом линейно-спектральной теории является то, что данный метод позволяет учесть опыт прошлых землетрясений, и чем больше их было рассмотрено при построении спектра, тем меньше вероятность того, что при новом землетрясении нагрузки на сооружение превысят ожидаемые. По мере получения новых данных, спектр может дополнительно уточняться.

2) Прямой динамический метод расчета – метод численного интегрирования уравнений движения, применяемый для анализа вынужденных колебаний конструкций при сейсмическом воздействии, заданном акселерограммами землетрясений.

Прямые динамические расчеты зданий и сооружений необходимо выполнять с использованием расчетных акселерограмм. При расчетах особо важных объектов на сейсмические воздействия следует использовать набор инструментальных или синтезированных акселерограмм [1].

Методика расчета

Согласно действующим нормативным документам [13], анализ прочности сооружений при сейсмическом воздействии производится на базе линейно-спектральной теории сейсмостойкости, в соответствии с которой можно оценить сейсмические нагрузки и усилия в элементах. Основными исходными данными для расчета являются:

– уровень сейсмического воздействия A , зависящий от балльности землетрясения. Нормативную интенсивность сейсмических воздействий в баллах макросейсмической шкалы для района строительства принимают на основе комплекта карт ОСР-2015 территории Российской Федерации. В зависимости от сейсмичности района строительства, а также категории грунта, определяемой по табл. 4.1 [13], принимается расчетная сейсмичность площадки;

– спектр ответа ускорений, то есть зависимость коэффициентов динамичности сеймовоздействий β_k от собственных частот сооружения.

Расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} определяется согласно нормам [13]. При ее определении учитывают назначение и ответственность здания или сооружения, а также наличие дополнительных повреждений объекта.

Однако для назначения расчетной сейсмичности района строительства объектов повышенного уровня ответственности дополнительно следует проводить специализированные сейсмологические и сеймотектонические исследования (УИС) [13]. Более того, для данного типа зданий также необходимо выполнять расчет с использованием графиков зависимости ускорений колебаний от времени.

В качестве объекта исследования в статье рассматривается сооружение в г. Севастополе, перекрываемое пространственными трехгранными арками пролетом 120 м, 96 м, а также полукуполами на основании диаметром 72 м. Для данного сооружения принимаются следующие характеристики: категория грунта по сейсмическим свойствам – II, сейсмичность района – 9 баллов (Приложение А Карта ОСР-2015-В [3]), расчетная сейсмичность площадки составляет 9 баллов.

В рамках исследования созданы две модели, в одной из которых расчет сейсмического воздействия выполняется согласно нормам [13] по линейно-спектральной методике, в другой – с использованием пакета акселерограмм. Расчет производится в программно-вычислительном комплексе *SCAD*.

Значение коэффициентов к расчету по СП 14.13330.2018

k_0	k_1	k_φ
1,0	0,22	1,0

Спектральный метод оценки сейсмических сил с использованием инструментальных записей землетрясений заключается в следующем: на основе спектра ускорения, соответствующего динамической модели здания как обобщенной системы с одной степенью свободы, определяется максимально возможная для этой модели сейсмическая нагрузка при колебании ее основания по закону акселерограммы, принятой при построении спектра отклика.

Поскольку сейсмические движения грунта являются пространственными, законы их колебаний задаются тремя компонентами: двумя ортогональными горизонтальными (север-юг, восток-запад) и одной вертикальной. При расчете использованы акселерограммы, полученные на основе инструментальных записей землетрясений, зарегистрированных в непосредственной близости к строительной площадке объекта.

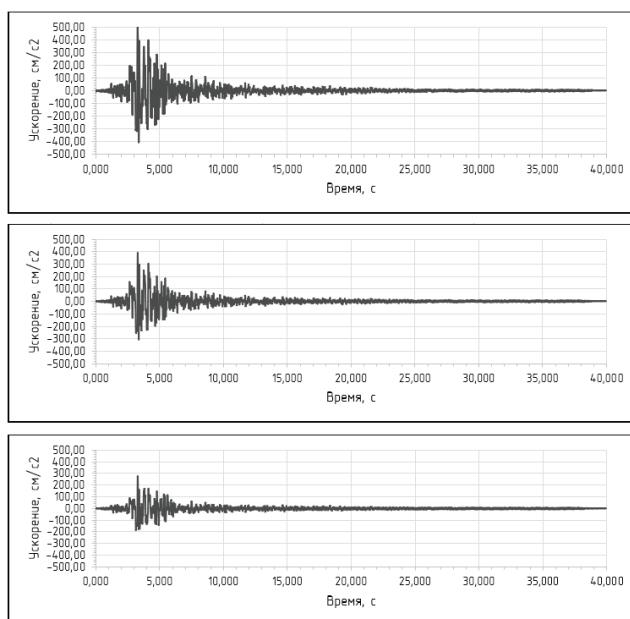


Рис. 2. Трехкомпонентная акселерограмма по направлению X, Y, Z

В качестве исходных данных для расчета в работе применяются таблицы записей ускорения, скорости и смещения в зависимости от времени, оцифрованные с шагом 0,005 с, для Краснодарского края. На рис. 2 приведена трехкомпонентная акселерограмма по X , Y и Z .

Данные землетрясения загружены в программу «Редактор акселерограмм» и в результате обработки использованы при задании сейсмического нагружения в расчетной модели.

Анализ результатов расчета

Проанализировав акселерограмму по направлению X , можно сделать вывод о том, что карта В ОСР-2015 дает заниженное значение ускорения в уровне основания. Максимальное ускорение в момент времени 3,3 с достигает $4,98 \text{ м/с}^2$, что превышает нормативное значение, которое согласно нормам [13], составляет 4 м/с^2 для сейсмичности площадки 9 баллов.

В статье [14] уже было выявлено несоответствие карт А ОСР-2015 данным, полученным с акселерограмм реальных землетрясений. Данная работа показывает, что, несмотря на соответствие значений интенсивности землетрясений картам В ОСР-2015, ориентироваться на значения ускорений в уровне оснований, полученных с этих карт, наверняка нельзя.

По результатам, представленным в табл. 1 цв. вклейки, можно сделать вывод о том, что при расчете сейсмического воздействия по нормам результаты имеют более неблагоприятный характер, чем при использовании инструментальных акселерограмм. Однако при первой дифференцированной форме собственных колебаний перемещения при расчете по записям ускорений на порядок выше.

В связи с этим для исследования также был построен спектр ответа ускорений на основе акселерограммы по направлению X при значении параметра затухания (в долях от критического) $\xi = 0,01$. Сравнение полученного графика с нормативным, вычисленным путем умножения значений коэффициента динамичности на величину ускорения 4 м/с^2 [15], показано на рис. 3.

Полученные результаты демонстрируют, что выбранные акселерограммы имеют схожий характер с нормативным спектром ответа ускорений.

По графику можно заметить, что при периодах колебаний $T_1 = 1,781 \text{ с}$, $T_2 = 1,633 \text{ с}$, $T_3 = 1,532 \text{ с}$, которые, в свою очередь, соответствуют 1, 2 и 3 дифференцированной форме собственных колебаний, нормативные значения спектра ответа ускорений превышают обработанные данные акселерограмм.

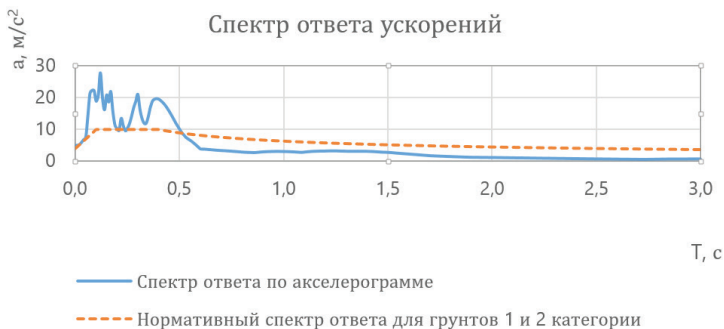


Рис. 3. Сравнение полученного спектра ответа ускорений с нормативным

Также произведен анализ суммарных перемещений от сочетаний нормативных значений нагрузок, совместно с которыми в комбинацию входит сейсмиче-



ское воздействие. Результаты подтверждают, что сейсмическая нагрузка с использованием трехкомпонентной акселерограммы имеет меньшее воздействие на расчетную модель и является более благоприятным случаем при проектировании.

Согласно своду правил [13], в том случае, когда два расчета не согласуются между собой, принимаем наименее выгодный. На основании исследования наименее худшим вариантом является нагрузка, заданная с учетом требований норм.

Таким образом, может быть сделан вывод, что при проектировании уникальных зданий и сооружений повышенной степени ответственности необходимо выполнять как расчет с учетом требований норм, так и с использованием пакета акселерограмм, и в результате анализа принимать наименее выгодный.

Для получения корректных результатов при проектировании зданий с использованием записи землетрясений одной акселерограммы недостаточно. Необходимо использовать ансамбль акселерограмм-аналогов, схожих между собой по инженерно-геологическим условиям в месте регистрации, параметрам очага землетрясения и расстояниям от него до проектируемого объекта. Данные можно как осреднить, так и произвести расчеты по каждой записи, а затем проанализировать полученные результаты.

Данная работа выполнена при поддержке Научно-образовательного центра Нижегородской области «Техноплатформа 2035» в рамках соглашения № 16-11-2021/55.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Динамика строительных конструкций при экстремальных природных воздействиях : колебания, прочность, ресурс : монография / П. А. Хазов, Д. А. Кожанов, А. М. Анущенко, А. А. Сатанов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022 – 98 с. – ISBN 978-5-528-00475-4. – Текст : непосредственный.
2. Амосов, А. А. Основы теории сейсмостойкости сооружений : учебное пособие / А. А. Амосов, С. Б. Сеницын. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : АСВ, 2010. – 134 с. – ISBN 978-5-93093-083-2. – Текст : непосредственный.
3. Васильчиков, В. В. Оценка сейсмостойкости сейсмоустойчивости зданий с учетом пространственных колебаний конструкции и податливости основания : специальность 05.23.17 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Васильчиков Валентин Владимирович. – Москва, 2001 – 156 с. – Текст : непосредственный.
4. Куликов, А. Н. Расчет сооружений на сейсмические воздействия и ветровую нагрузку с пульсационной составляющей : учебное пособие / А. Н. Куликов ; Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет ; Волжский институт строительства и технологий (филиал) ВолгГАСУ. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. – 91 с. – ISBN 978-5-98276-204-7. – Текст : непосредственный.
5. Ушаков, О. Ю. Метод расчета зданий и сооружений с учетом пространственного характера сейсмического воздействия / О. Ю. Ушаков, В. Алехин. – Текст : электронный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-rascheta-zdaniy-i-sooruzheniy-s-uchetom-prostranstvennogo-haraktera-seysmicheskogo-vozdeystviya>.
6. Страхов, В. Н. Общее сейсмическое районирование территории России и сопредельных стран / В. Н. Страхов, В. И. Уломов, Л. С. Шумилина. – Текст : непосредственный // Физика Земли. – 1998. – № 10. – С. 92–96.
7. Сейсмическое районирование территории Российской Федерации – ОСР-97 : карта на 4 листах. – 1: 8000000 / главный редактор В. Н. Страхов, В. И. Уломов. – Москва : ОИФЗ РАН ; Роскартография ; Текарт, 2000. – Изображение : непосредственное.
8. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах : строительные нормы и



правила : утвержден Госстроем СССР 15.06.81 : введен в действие 01.01.82. – Москва : ГУП ЦПП, 2001. – 45 с. – Текст : непосредственный.

9. Пустовитенко, Б. Г. Новые карты общего сейсмического районирования территории Украины. Особенности модели долговременной сейсмической опасности / Б. Г. Пустовитенко, В. Е. Кульчицкий, А. А. Пустовитенко. – Текст : непосредственный // Геофизический журнал. – 2006. – № 3. – Том 28. – С. 54–77.

10. Морозова, Р. М. О землетрясениях Крыма 1800–1967 гг. : опыт критического каталога / Р. М. Морозова, Н. В. Шебалин. – Текст : непосредственный // Геофизический сборник АН УССР. – Киев, 1968. – Выпуск 26. – С. 13–41.

11. Никонов, А. А. Сильные землетрясения Крыма во второй половине XIX в. / А. А. Никонов, О. Н. Пономарева. – Текст : непосредственный // Вопросы инженерной сейсмологии. – Москва, 1991. – Выпуск 32. – С. 59–76.

12. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 4 июня 2017 г. – Москва : Минстрой России, 2016. – 80 с. – Текст : непосредственный.

13. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 мая 2018 г. N 309/пр : актуализированная редакция СНиП II-7-81* : дата введения 25 ноября 2018 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550565571?ysclid=14xw79th7k65731080>. – Текст : электронный.

14. Хазов, П. А. Распределение преобладающих частот и анализ расчетных землетрясений в сейсмически опасных регионах России / П. А. Хазов, Л. Ю. Тягунова, А. М. Гордеевцева, Н. М. Деулина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1. – 72–81.

15. Низомов, Д. Н. Спектральный анализ сейсмических колебаний / Д. Н. Низомов, И. Каландарбеков, А. А. Ходжибоев. – Текст : электронный // ДАН РТ. – 2015. – № 11. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spektralnyy-analiz-seysmicheskikh-kolebaniy>.

TYAGUNOVA Lidiya Yurevna¹, senior teacher of the chair of foundations and engineering geology; SHKODA Irina Vasilevna^{1,2}, assistant of the chair of theory of structures and technical mechanics; ANISKINA Kseniya Igorevna¹, student

COMPARATIVE ANALYSIS OF CALCULATION METHODS FOR A LARGE-SPANNE STRUCTURE UNDER SEISMIC IMPACTS IN THE CITY OF SEVASTOPOL

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-94;
e-mail: tyagunovaly@yandex.ru

²Institute for Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences
85, Belinsky St., Nizhny Novgorod, 603024, Russia. Tel.: +7 (831) 432-05-76

Key words: long span coverage, seismic load, accelerogram, earthquake, dynamic calculation, linear-spectral calculation.

The calculation of the long-span coverage is carried out by two methods: linear-spectral and direct dynamic. A comparative analysis of the results of the calculations obtained by two different methods is carried out. It is shown that the most unfavorable results are obtained when loading is assigned according to the norms, however, if there is a package of analogous accelerograms that are similar in parameters, it is necessary to perform both calculations and take the less favorable one.

REFERENCES

1. Khazov P. A., Kozhanov D. A., Anuschenko A. M., Satanov A. A. *Dinamika stroitelnykh konstruktsey pri ekstremalnykh prirodnykh vozdeystviyakh: kolebaniya, prochnost, resurs* [Dynamics of Building Structures under Extreme Natural Impacts: Vibrations, Strength, Lifetime] : monografiya. – Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2022 – 98 p. – ISBN 978-5-528-00475-4.
2. Amosov A. A., Sinitsyn S. B. *Osnovy teorii seysmostoykosti sooruzheniy* [Fundamentals of the theory of seismic resistance of structures] : uchebnoe posobie. Izd. 2-e, pererab. i dop. Moscow: ASV, 2010. – 134 p. – ISBN 978-5-93093-083-2.
3. Vasilchikov V. V. *Otsenka seysmostoykosti seysmoustoychivosti zdaniy s uchyotom prostranstvennykh kolebaniy konstruktsei i podatlivosti osnovaniya* [Estimation of seismic resistance of seismic resistance of buildings, taking into account the spatial vibrations of the structure and compliance of the base]: spetsialnost 05.23.17 : dissert. na soiskanie uch. stepeni kand. tekhn. nauk: Moscow, 2001 – 156 p.
4. Kulikov A. N. *Raschyot sooruzheniy na seysmicheskie vozdeystviya i vetrovuyu nagruzku s pulsatsionnoy sostavlyayushey* [Calculation of structures for seismic effects and wind load with a pulsating component]: ucheb. posobie. – Volgogr. gos. arkhit.-stroit. un-t; Volzh. in-t str-va i tekhnol. (filial) VolgGASU, Volgograd: VolgGASU, 2008. – 91 p. – ISBN 978-5-98276-204-7.
5. Ushakov O. Yu., Alyokhin V. N. *Metod raschyota zdaniy i sooruzheniy s uchyotom prostranstvennogo kharaktera seysmicheskogo vozdeystviya* [Method for calculating buildings and structures, taking into account the spatial nature of the seismic impact] // Akademicheskii vestnik UralNIIProyekt RAASN, 2014. № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-rascheta-zdaniy-i-sooruzheniy-s-uchetom-prostranstvennogo-harakter-a-seysmicheskogo-vozdeystviya>.
6. Strakhov V. N., Ulomov V. I., Shumilina L. S. *Obschee seysmicheskoe rayonirovanie territorii Rossii i sopredelnykh stran* [General seismic zoning of the territory of Russia and neighboring countries]// Fizika Zemli, 1998, № 10. – P. 92–96.
7. Strakhov V. N., Ulomov V. I. *Seysmicheskoe rayonirovanie territorii Rossiyskoy Federatsii OSR-97. Karta na 4-kh listakh, M: 1 8000000* [Seismic zoning of the territory of the Russian Federation OSR-97. Map on 4 sheets, M: 1 8000000]. Glav. red. V. N. Strakhov, V. I. Ulomov. Moscow: OIFZ RAN; Roskartografiya; Tekart, 2000
8. SNiP II-7-81*. *Stroitelstvo v seysmicheskikh rayonakh* [Construction in seismic areas] : stroitelnye normy i pravila : utverzhd. Gosstroem SSSR 15.06.81 : vved. v deystv. 01.01.82. Moscow: GUP TsPP, 2001. 45 p.
9. Pustovitenko B. G., Kulchitsky V. E., Pustovitenko A. A. *Novye karty obshego seysmicheskogo rayonirovaniya territorii Ukrainy. Osobennosti modeli dolgovremennoy seysmicheskoy opasnosti* [New maps of the general seismic zoning of the territory of Ukraine. Features of the long-term seismic hazard model]. *Geofizicheskiy zhurnal* [Geophysical journal]. 2006. № 3. Vol. 28. P. 54–77.
10. Morozova R. M., Shebalin N. V. *O zemletryaseniya Kryma 1800–1967 gg.: Opyt kriticheskogo kataloga* [On the Crimean earthquakes of 1800–1967: The experience of a critical catalog]. *Geofiz. sb. AN USSR*. 1968. Issue 26. P. 13–41.
11. Nikonov A. A., Ponomaryova O. N. *Silnye zemletryaseniya Kryma vo vtoroy polovine XIX v.* [Strong earthquakes in Crimea in the second half of the 19th century]. *Voprosy inzhenernoy seysmologii* [Issues of engineering seismology]. Moscow, 1991. Issue 32. P. 59–76.
12. SP 20.13330.2016. *Nagruzki i vozdeystviya* [Loads and effects]: utverzhd. prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva RF (Minstroy Rossii) ot 3 dekabrya 2016 g. № 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.1.07-85* : data vved. 4 iyunya 2017 g. – Moscow: Minstroy Rossii, 2016. – 80 p.
13. SP 14.13330.2018. *Stroitelstvo v seysmicheskikh rayonakh* [Construction in seismic areas] : svod pravil : utverzhd. Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunal. Khozyaystva RF ot 24 maya 2018 g. N 309/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-7-81* : data vved. 25 noyabrya 2018 g. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550565571?ysclid=l4xw7>



9th7k65731080.

14. Khazov P. A., Tyagunova L. Yu., Gordeevtseva A. M., Deulina N. M. Raspredelenie preobladayushchikh chastot i analiz raschyotnykh zemletryaseniy v seysmicheskii opasnykh regionakh Rossii [Distribution of prevailing frequencies and analysis of calculated earthquakes in seismic regions of Russia]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2022. – № 1. – P. 72–81.

15. Nizomov D. N., Kalandarbekov I., Khodzhiboev A. A. Spektralny analiz seysmicheskikh kolebaniy [Spectral analysis of seismic vibrations] // DAN RT. 2015. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spektralnyy-analiz-seysmicheskikh-kolebaniy>.

© Л. Ю. Тягунова, И. В. Шкода, К. И. Аниськина, 2022

Получено: 20.06.2022 г.

УДК 551.435.8

М. М. УТКИН, канд. техн. наук, ведущий инженер карстологических исследований; **М. В. УТКИН**, лаборант

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ РАСТВОРЕНИЯ СУЛЬФАТНЫХ ПОРОД В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

АО «Гео Палитра»

Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Костина, д. 3, пом. П53. Тел.: +7 (920) 252-22-69; эл. почта: geokarst@mail.ru, mike531900@gmail.com

Ключевые слова: карст, растворение пород, скорость растворения карстующихся пород, скорость роста карстовой полости.

Выполнен сравнительный анализ имеющихся методик определения скорости растворения сульфатных пород в лабораторных условиях и сделаны выводы.

Данная статья является продолжением исследований авторов по данной тематике, приведенных в статье Приволжского научного журнала № 2 за 2022 г., в которой рассмотрен практический опыт определения скорости растворения карстующихся пород.

В соответствии с требованиями СП [1–4] при проведении инженерно-геологических изысканий на закарстованных территориях необходимо выполнять количественную оценку скорости растворения карстующихся пород, которая впоследствии используется для определения размеров карстовой полости к окончанию расчетного срока службы здания или сооружения [4]. Исходя из размеров полости, аналитическими и/или численными методами осуществляется прогнозирование размеров карстовых деформаций в основании сооружения, а при необходимости на дневной поверхности.

В действующих государственных стандартах (ГОСТ) и нормативных документах (СП) отсутствуют методики определения скорости растворения карстующихся пород, что создает различные трудности при ее оценке.

Перед тем как приступить к анализу имеющихся методик, отметим один важный момент. В 1949 г. Николай Васильевич Родионов предложил вопрос о скорости развития карста (растворения карстующихся пород) разделять на две части (задачи) [5], а именно растворение рассматривать как часть общего процесса де-



нудации и как скорость роста отдельных карстовых полостей. Исходя из решаемой задачи, должно осуществляться планирование, проведение и камеральная обработка экспериментальных исследований. В инженерном карстоведении (не затрагивая некоторые специфические виды строительства, например, гидротехническое) наибольший интерес представляет вторая задача [2, 4, 6].

Начиная с 40-х гг. прошлого века и по настоящее время, скорость растворения карстующихся пород в подавляющем большинстве случаев определяется по результатам выщелачивания их призм [7–9]. Также она может оцениваться по результатам расширения отверстий в породах [10]. Суть экспериментальных испытаний заключается в обтекании (с заданной скоростью) растворителем (с принятой минерализацией) призм пород или в прохождении растворителя через отверстие в породах. Такие испытания, по мнению авторов статьи, позволяют выполнить общую количественную оценку скорости растворения карстующихся пород, т. е. они в основном направлены на решение первой задачи.

В первую очередь с целью решения второй задачи (определения скорости роста отдельных карстовых полостей и трещин), применительно для сульфатных пород, являющихся диффузионно растворимыми, канд. техн. наук, проф. В. В. Толмачевым в 1965 г. разработана методика [5], которая в 1984 г. была включена в Рекомендации ПНИИИС [6]. Главное ее отличие от вышеуказанных методик заключается в том, что планирование, проведение и камеральная обработка результатов экспериментальных испытаний осуществляются с учетом критериев подобия. Пролет карстовой полости, оцененный в ходе изысканий, в модели обычно принимается равным от 1 до 7 мм, вследствие чего значительно увеличивается скорость движения растворителя (более чем на несколько порядков) и сокращается время проведения опытов. После их завершения выполняется переход от модельных параметров к натурным.

Теперь перейдем к сравнительному анализу методик определения скорости растворения карстующихся пород.

Объект исследований – площадка размещения очистных сооружений канализации г. Арзамаса Нижегородской области, находящаяся севернее р. п. Выездное. По результатам специальных инженерно-геологических изысканий она была отнесена к III категории карстовой опасности [1] и к опасной категории в карстово-суффозионном отношении [2].

Как отмечалось в статье [10], скорость растворения карстующихся пород зависит от четырех основных факторов: 1) химического состава пород, 2) состояния пород, 3) химического состава подземных вод, 4) скорости движения подземных вод. Поэтому при проведении на объекте инженерно-геологических изысканий из глубокой скважины, предназначенной для оценки карстовой опасности, сначала был отобран керн сульфатных пород. Затем в ней выполнены полевые опытно-фильтрационные работы (одиночная откачка), после завершения которых произведен забор подземных вод, приуроченных к карстующимся породам.

Лабораторные испытания в количестве 8 опытов проводились на экспериментальной установке, изготовленной авторами настоящей статьи и показанной в их предыдущей работе [10]. Первая методика изложена в публикации [10], вторая методика – в Рекомендациях ПНИИИС [6]. По каждой из них было выполнено 4 опыта.

Испытуемые образцы сульфатных пород подготавливались из керна скважины (рисунок). При этом из одного монолита высотой 20–30 см изготавливались 2 практически одинаковых образца. Первый испытывался в трещинно-карстовой

(высокоминерализованной) воде, второй – в водопроводной (пресной). Такой подход к планированию экспериментов позволил более объективно выполнить сравнительный анализ получаемых результатов. Скорость движения подземных вод и, следовательно, растворителя составила 15,5 м/сут.

При проходке на объекте глубоких скважин полостей в карстующихся породах не было вскрыто. Поэтому пролет полости, используемый во второй методике, принят равным 1,5 м [4]. Исходя из этого, число Рейнольдса R_e составило 266,4.

Лабораторные экспериментальные исследования заключались в объемном растворении стенок отверстия в испытуемых образцах в закрытой системе при постоянном режиме фильтрации и ламинарном движении растворителя.

В процессе проведения экспериментов контролировался расход растворителя, прошедшего через каждый испытуемый образец. Кроме того, на стандартный химический анализ отбирались пробы растворителя перед и после прохождения образцов. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Исходя из результатов химических анализов растворителя (см. табл. 1), отметим два основных момента:

1. После протекания растворителя через испытуемые образцы в растворителе, как правило, сильно увеличивается содержание иона $\text{Na}+\text{K}$, а также возрастает SO_4 . Предполагается, что указанные ионы, взаимодействуя между собой, образуют сульфаты натрия (Na_2SO_4) и/или калия (K_2SO_4), являющиеся легкорастворимыми солями. Поэтому диаметр отверстий в образцах после окончания экспериментов в первую очередь определялся прямыми измерениями штангенциркулем, а также для контроля – расчетом через объем воды, заполняющей отверстия. Расчетом через потерю массы сухих образцов могут оцениваться размеры ослабленных зон, прилегающих к отверстиям (полостям).



Рис. 1. Общий вид керна (слева) и испытуемого образца (справа) гипсовой породы: а – № 5.2; б – № 6.2



Таблица 1

Результаты стандартных химических анализов растворителя

Но- мер про- бы	Место отбора пробы растворителя	Анионы, мг/л				Катионы, мг/л			Мине- ра- лиза- ция М, г/л
		HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	Ca	Mg	Na+K	
Растворитель – трещинно-карстовая (высокоминерализованная) вода									
190	1. Перед прохождени- ем образцов	356,97	79,76	990	12,71	448,90	77,76	1,38	1,969
	2. После прохождения образца № 6.1 Гипс доломитизированный								
196	09.11.2021 г. 14:30	292,90	99,26	980	15,92	452,90	34,02	65,32	1,943
197	09.11.2021 г. 23:30	289,95	92,17	1640	13,52	444,89	36,45	378,12	2,898
198	10.11.2021 г. 11:30	332,56	79,76	1340	13,68	456,91	24,30	250,24	2,502
	3. После прохождения образца № 7.1 – Гипс доломитизированный								
202	09.11.2021 г. 14:30	347,80	81,54	1300	14,15	438,88	40,10	231,38	2,457
203	09.11.2021 г. 23:30	350,87	80,65	1360	13,26	460,92	36,45	241,04	2,547
204	10.11.2021 г. 11:30	355,90	81,54	1100	13,92	442,88	44,96	122,13	2,166
Растворитель – водопроводная (пресная) вода									
189	4. Перед прохождени- ем образцов	79,33	14,18	64	3,15	40,08	10,21	4,83	0,216
210	*5 После прохождения образца № 4.2 – Гипс доломитизированный	109,84	12,41	530	2,29	220,44	20,90	10,58	1,006
211	*6. После прохожде- ния образца № 5.2 – Гипс доломи- тизированный	97,63	15,95	787	2,06	234,87	69,01	23,46	1,231
	7. После прохождения образца № 6.2 – Гипс доломитизированный								
199	09.11.2021 г. 14:30	67,12	14,18	76	2,75	41,08	12,15	0,92	0,215
200	09.11.2021 г. 23:30	67,12	13,29	86	2,98	37,68	7,29	18,40	0,233
201	10.11.2021 г. 11:30	70,17	13,29	86	2,98	35,27	8,99	19,09	0,236
	8.После прохождения образца № 7.2 – Гипс доломитизированный								
205	09.11.2021 г. 14:30	19,33	11,52	128	3,13	53,71	6,32	2,99	0,226
206	09.11.2021 г. 23:30	70,17	13,29	112	0,02	57,72	7,29	8,97	0,226
207	10.11.2021 г. 11:30	64,07	12,41	136	3,27	40,88	9,48	32,89	0,300

Примечание. Знаком* отмечены пробы, отобранные в ходе проведения испытаний по первой методике [10], все остальные пробы – по второй методике [6].

2. Химический состав растворителя, проходящего через испытуемые образцы, с течением времени изменяется, иногда весьма существенно. Это обусловлено возрастающим насыщением пород в зоне отверстий водой и изменением химического состава пород в ходе проведения опытов.

Результаты экспериментальных испытаний по определению скорости растворения гипсовых пород (роста пролета карстовых полостей, т. е. их расширения в двух взаимно противоположных направлениях) сведены в табл. 2.



Таблица 2

**Результаты экспериментальных испытаний по определению скорости
растворения гипсовых пород**

Но- мер об- раз- ца	Краткое описание испытуемого образца	Минера- лизация раство- рителя, г/л	Проект- ный расход раство- рителя, л/сут	Время прове- дения испы- таний, сут	Диаметр отвер- стия до / после испыта- ний, мм	Скорость раство- рения пород, см/год
Первая методика						
4.1	Гипс мелко-, среднезернистый массивный с «теневым» желваковым строением и обособлениями пелитоморфного доломита	1,969	0,53	14,0	6,85 / 8,0	3,0
*5.1	Гипс мелко-, среднезернистый с массивной до линзовидно-слоистой текстурой и обломками пелитоморфного доломита		0,50		6,55 / 7,15	1,56
4.2	Идентично 4.1	0,216	0,53		6,9 / 8,2	3,39
*5.2	Идентично 5.1		0,50	6,5 / 7,55	2,74	
Вторая методика						
6.1	Гипс мелко-, среднезернистый массивный с «теневым» желваковым строением и обособлениями пелитоморфного доломита	1,969	114,13	1,25	6,25 / 6,7	0,11
7.1	Гипс мелко-, среднезернистый доломитизированный (с включениями пелитоморфного доломита)		118,69		6,5 / 7,0	0,13
6.2	Идентично 6.1	0,216	125,08		6,85 / 7,8	0,25
7.2	Идентично 7.1		115,04	6,3 / 7,25	0,23	

*После завершения испытаний в нижней части образца 5.1 в отверстии обнаружены отдельные включения доломита, а в нижней части образца 5.2 – точечные включения доломита, которые равномерно распределены по периметру отверстия.

Анализируя полученные результаты экспериментальных испытаний (см. табл. 2), представляется возможным сделать следующие практические выводы:

1. Скорость растворения гипсовых пород зависит от наличия в них включений. Например, наличие карбонатных включений привело к уменьшению скорости растворения гипсов по первой методике в 1,2–1,9 раза.

2. На скорость растворения гипсовых пород оказывает влияние минерализация растворителя. Причем это влияние увеличивается при возрастании скорости движения растворителя. Так, при низкой скорости движения растворителя (первая методика) уменьшение его минерализации в 9,1 раза привело к увеличению скорости растворения гипсов всего лишь в 1,13 раза, тогда как при высокой скорости движения (вторая методика) – к возрастанию скорости растворения уже в несколько раз.

3. Результаты экспериментальных испытаний гипсов, выполненных по первой методике в высокоминерализованном растворителе (скорость растворения – 1,56–3,0 см/год, средняя – 2,28 см/год), в среднем в 1,25 раза превышают результаты шести ранее проведенных опытов (скорость растворения – 0,61–2,95 см/год, средняя – 1,84 см/год) [10], что главным образом обусловлено различиями в химическом составе и прочности пород.

4. Обстоятельных работ, содержащих полноценные исходные данные и ре-



зультаты экспериментальных исследований по второй методике, практически нет. Единственный такой эксперимент, найденный авторами статьи, изложен в Рекомендациях ПНИИИС [6], согласно которому пролет карстовой полости принят равным 0,9 м, скорость движения подземных вод – 11,23 м/сут (число Рейнольдса $R_e = 87$), вид растворителя – водопроводная вода. По результатам десяти опытов скорость расширения полости ρ составила 0,088 см/год. Сравнивая данное значение с результатами текущих опытов, видно, что скорость растворения гипсов в пресном растворителе получена больше в 2,6–2,8 раза, а в высокоминерализованном – в 1,3–1,5 раза.

5. Значения скорости растворения гипсовых пород, определенные по обоим методикам, сильно различаются между собой (более чем на порядок). На данном моменте остановимся подробнее.

По мнению авторов статьи, результаты экспериментов по второй методике в большинстве случаев (но далеко не во всех) ближе к естественным (природным) условиям, так как согласно результатам по первой методике (средняя скорость растворения – 2,28 см/год), например, за тысячелетие карстовые полости становились бы критическими (расширение полостей в среднем составляло бы 22,8 м) и приводили в основном к повсеместному возникновению карстовых деформаций на дневной поверхности и в основании сооружений (даже на слабо закарстованных территориях), чего в действительности (на примере г. Дзержинска Нижегородской области) не наблюдается [11].

Завышение скоростей растворения карстующихся пород обусловлено невозможностью в экспериментальных испытаниях в полной мере воспроизвести природные условия как минимум по двум основным причинам. Во-первых, при заборе, транспортировке и проведении опытов минерализация растворителя уменьшается. Поэтому важно сокращать время от момента забора растворителя из выработок до завершения экспериментов. Во-вторых, при вырезании призм и высверливании отверстий происходят локальные нарушения поверхностей растворения, видимые только под микроскопом. Поэтому при подготовке поверхностей важно минимизировать их нарушения.

Принимая во внимание два вышеизложенных абзаца, получаемые значения скоростей растворения сульфатных пород по первой методике следует считать максимально возможными, поскольку в природных условиях, если они и встречаются, то не очень часто. Для определения наиболее вероятных (средних) значений, более близких к естественным условиям, представляется целесообразным использовать нормальный закон распределения, т. е. максимальную скорость растворения уменьшать приблизительно в несколько раз.

В качестве заключительного вывода отметим, что в инженерном карстоведении для количественной оценки скорости растворения сульфатных пород могут применяться обе рассмотренные методики. При этом в качестве растворителя рекомендуется использовать, как правило, подземные воды, приуроченные к карстующимся породам. Однако в некоторых случаях (например, в первой методике при крайне низкой скорости движения подземных вод, а также при выборе второй методики) допускается применять водопроводную (пресную) воду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-



геологических процессов : свод правил : дата введения 2001-01-01. – Москва : Госстрой России, 2003. – 158 с. – Текст : непосредственный.

2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений : свод правил : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями № 1, 2, 3) : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. N 970/пр : дата введения 2017-07-01. – Москва : Минстрой России, 2019. – 228 с. – Текст : непосредственный.

3. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения : актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 (с Изменением № 1) : утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. N 274 : введен в действие с 1 января 2013 г. – Москва : Минрегион России, 2020. – 77 с. – Текст : непосредственный.

4. СП 499.1325800.2021. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от карстово-суффозионных процессов. Правила проектирования : свод правил : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 2 марта 2021 года N 105/пр : дата введения 2021-09-03. – Москва : Минстрой России, 2021. – 72 с. – Текст : непосредственный.

5. Толмачев, В. В. Оценка надежности земляного полотна железных дорог в районах распространения карстовых процессов : 05.00.00 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Толмачев Владимир Викторович. – Москва, 1968. – 196 с. – Текст : непосредственный.

6. Рекомендации по лабораторному физическому моделированию карстовых процессов / Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве. – Москва : Стройиздат, 1984. – 48 с. : ил. – Текст : непосредственный.

7. Кузнецов, А. М. О выщелачивании гипса и ангидрита / А. М. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Тезисы докладов Молотовской карстовой конференции / Молотовский естественно-научный институт и Молотовский государственный университет имени А. М. Горького. – Молотов, 1947. – С. 16–17.

8. Родионов, Н. В. Инженерно-геологические исследования в карстовых районах при устройстве малых водоемов, гражданском и промышленном строительстве : методические указания / Н. В. Родионов. – Москва : Госгеолтехиздат, 1958. – 183 с. – Текст : непосредственный.

9. Горбунова, К. А. Карст гипса СССР: учебное пособие по спецкурсу / К. А. Горбунова. – Пермь : Изд-во Пермск. ун-та, 1977. – 83 с. – Текст : непосредственный.

10. Уткин, М. М. Практический опыт определения скорости растворения карстующихся пород в лабораторных условиях на одном из этапов скоростной автомобильной дороги М-12 «Москва - Нижний Новгород - Казань» / М. М. Уткин, М. В. Уткин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 2. – С. 61–68.

11. Толмачев, В. В. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий / В. В. Толмачев, Г. М. Троицкий, В. П. Хоменко ; под редакцией Е. А. Сорочана. – Москва : Стройиздат, 1986. – 176 с. – Текст : непосредственный.

UTKIN Mikhail Mikhaylovich, candidate of technical sciences, leading engineer of karstological investigation; UTKIN Mikhail Viktorovich, laboratory assistant

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING DISSOLUTION RATE OF SULFATE ROCKS IN LABORATORY CONDITIONS



JSC Geo Palitra

3, Kostin St., off. P53, Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel.: +7 (920) 252-22-69;

e-mail: geokarst@mail.ru, mike531900@gmail.com

Key words: karst, rock dissolution, dissolution rate of karst rocks, rate of karst cavity growth.

The article presents a comparative analysis of methods for determining the sulfate rocks dissolution rate in laboratory conditions and is a continuation of the authors' research on this topic, given in the article of the Privolzhsky Scientific Journal No. 2 of 2022, which examines the practical experience of determining the rate of dissolution of karst rocks.

REFERENCES

1. SP 11-105-97. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitelstva. Chast II. Pravila proizvodstva rabot v rayonakh razvitiya opasnykh geologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh protsessov [Engineering geological site investigations for construction. Part II. Rules of work in areas of development of hazardous geological and engineering-geological processes] : svod pravil : data vved. 2001-01-01. Moscow, Gosstroy Rossii, 2003, 158 p.
2. SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Soil bases of buildings and structures] : svod pravil : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.01-83* (s Izmeneniyami № 1, 2, 3) : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Min-va stroit-va i zhilishchno-kommunal. khozyaystva RF ot 16 dekabrya 2016 g. N 970/pr : data vved. 2017-07-01. Moscow, Minsstroy Rossii, 2019, 228 p.
3. SP 116.13330.2012. Inzhenernaya zaschita territoriy, zdaniy i sooruzheniy ot opasnykh geologicheskikh protsessov. Osnovnye polozheniya [Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes. Generals.] : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 22-02-2003 (s Izmeneniyami №1) : utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Min-va region. razvitiya RF (Minregion Rossii) ot 30 iyunya 2012 g. № 274 : vved. v deystvie s 1 yanvarya 2013 g. Moscow, Minregion Rossii, 2020, 77 p.
4. SP 499.1325800.2021. Inzhenernaya zaschita territoriy, zdaniy i sooruzheniy ot karstovo-suffuzionnykh protsessov. Pravila proektirovaniya [Engineering protection of territories, buildings and structures from karst-suffusion processes. Design rules] : svod pravil : utverzhd. Prikazom Min-va stroit-va i zhilishchno-kommun. khozyaystva RF ot 2 marta 2021 g. N 105/pr : data vved. 2021-09-03. Moscow, Minsstroy Rossii, 2021, 72 p.
5. Tolmachyov V. V. Otsenka nadyozhnosti zemlyanogo polotna zheleznykh dorog v rayonakh rasprostraneniya karstovykh protsessov [Assessed reliability of the roadbed in the karst areas]: 05.00.00 : dis. ... kand. tekhn. nauk. Moscow, 1968, 196 p.
6. Rekomendatsii po laboratornomu fizicheskomu modelirovaniyu karstovykh protsessov [Recommendations for laboratory physical modeling of karst processes]. Moscow, Stroyizdat, 1984. 48 p.: il.
7. Kuznetsov A. M. O vyschelachivaniy gipsa i angidrita [About the gypsum and anhydrite leaching]. Tezisy dokladov Molotovskoy karstovoy konferentsii [Abstracts of the Molotov Karst Conference]. Molotovskiy estestvenno-nauchnyy institut i Molotovskiy gos. un-t im. A. M. Gorkogo. Molotov, 1947. P. 16-17.
8. Rodionov N. V. Inzhenerno-geologicheskie issledovaniya v karstovykh rayonakh pri ustroystve malyykh vodoyomov, grazhdanskom i promyshlennom stroitelstve: metodicheskie ukazaniya [Engineering-geological research in karst areas in the construction of small reservoirs, civil and industrial construction: guidelines]. Moscow, Gosgeoltekhizdat, 1958. 183 p.
9. Gorbunova K. A. Karst gipsa SSSR [USSR gypsum karst]: uchebnoe posobie po spetskursu. Perm, Izd. Permskogo un-ta, 1977. 83 p.
10. Utkin M. M., Utkin M. V. Prakticheskiy opyt opredeleniya skorosti rastvoreniya karstuyuschikhsya porod v laboratornykh usloviyakh na odnom iz etapov skorostnoy avtomobilnoy dorogi M-12 «Moskva - Nizhny Novgorod - Kazan» [Practical experience in determining the karst rocks dissolution rate in laboratory conditions at one of the sections of the M-12 "Moscow – Nizhny Novgorod – Kazan" expressway]. Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal].



Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 2. P. 61–68.

11. Tolmachyov V. V., Troitskiy G. M., Khomenko V. P. Inzhenerno-stroitelnoe osvoenie zakarstovannykh territoriy [Geotechnical reclamation of karst area]. Pod red. E. A. Sorochana. Moscow, Stroyizdat, 1986, 176 p.

© М. М. Уткин, М. В. Уткин, 2022

Получено: 30.03.2022 г.

УДК 622.692.4.053

О. Б. КОНДРАШКИН, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой технологии строительства; **А. А. ОСКИРКО**, ст. преподаватель кафедры технологии строительства; **И. Н. САМИКОВ**, магистрант

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРОВОДА С ОСНОВАНИЕМ ИЗ ГРУНТОВЫХ МОДУЛЕЙ И СРЕДСТВ БАЛЛАСТИРОВКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-74;
эл. почта: anoskirko@yandex.ru

Ключевые слова: магистральные трубопроводы, строительные конструкции линейных объектов, технологии строительства трубопроводов, сложные геологические условия строительства, средства балластировки, предложения по совершенствованию.

Проведен анализ способов прокладки магистральных нефтегазопроводов, современных технологий производства СМР, изучены практические проблемы при строительстве, реконструкции и ремонте линейных объектов нефтегазовой отрасли в условиях слабонесущих и многолетнемерзлых грунтов, подобраны наиболее оптимальные решения по технологии строительства трубопроводов в водонасыщенных и вечноммерзлых грунтах с учетом решения возникающих проблем. Результатом проведенного исследования являются разработанные предложения по модернизации строительных конструкций, совершенствованию технологии строительства линейных объектов в осложненных условиях.

В настоящее время ведется активная разработка и освоение месторождений нефти, газа и конденсата, расположенных преимущественно в северных широтах Российской Федерации, относящихся к арктическому и субарктическому климатическим поясам. Изобилие болот, озер и рек в совокупности с высоким уровнем грунтовых вод и сложившимися геокриологическими условиями в указанных поясах является фактором, осложняющим строительство, и требует особого подхода при проектировании и выполнении строительно-монтажных работ.

Магистральные трубопроводы могут достигать протяженности 4–5 тыс. км (например, «Трубопроводная система «Восточная Сибирь – Тихий океан», «Магистральный газопровод «Сила Сибири») и проходить через несколько климатических поясов: преимущественно арктический, субарктический и умеренный.

Помимо арктического климата, северные и восточные районы строительства в нашей стране характеризуются очень сложными геологическими условиями: наличием протяженных участков многолетнемерзлых грунтов, слабонесущих и



пучинистых грунтов, а также слабоизученными геокриологическими явлениями, такими как термокарст, солифлюкция, морозобойное растрескивание и другие. Несмотря на прогрессивное развитие инженерной геокриологии, вопрос повышения эффективности процессов проектирования и строительства зданий и сооружений в таких условиях остается научно актуальным.

Проблемные вопросы повышения надежности работы линейных объектов нефтегазовой отрасли регулярно требуют от проектировщиков разработки новых и совершенствования имеющихся технологий строительства. В связи с этим проведенное исследование, направленное на повышение эксплуатационной надежности и экологической безопасности путем совершенствования технологии строительства трубопроводов в заданных условиях, является не только актуальным с научной точки зрения, но и ценным с практической стороны.

Целью данного исследования является разработка предложений по совершенствованию способов и методов выполнения строительно-монтажных работ линейной части нефтегазопроводов в условиях водонасыщенных и вечномёрзлых грунтов, а также модернизации строительных конструкций.

В рамках поставленной цели решается комплекс теоретических и практических задач: анализ и определение наиболее проблемных вопросов, а также поиск определенных технологических этапов либо строительных конструкций, совершенствование которых позволит обеспечить повышение надежности и снижение отказов в работе трубопроводов нефтегазовой отрасли.

В настоящее время действующими нормативно-техническими документами [1, 2, 3] не подразделены средства закрепления трубопроводов на проектных отметках и не установлены определенные критерии их подбора, поэтому в работе рассмотрены и классифицированы современные балластирующие устройства.

Практические проблемы, встречающиеся при строительстве, реконструкции и ремонте линейных объектов нефтегазовой отрасли в условиях слабонесущих и многолетнемерзлых грунтов, исследуются путем сбора, изучения и анализа данных, полученных при обследовании трех объектов строительства, расположенных в Республике Коми на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в Печоро-Колвинской нефтегазоносной области (территории Усинского, Харьягинского, Возейского, Ярейюского, Лаявожского, Инзырейского месторождений):

1. Техническое перевооружение объекта: «Газопровод «Харьяга – КС Головные» (краткую характеристику см. табл. 1).
2. Обустройство. Линейные трубопроводы. Нефтегазосборные трубопроводы. Район Р2. т. вр. к. 5014 – т. вр. к. 5016 УПН «УСА» (2 нитка) (краткую характеристику см. табл. 2).
3. Нефтепровод от куста № 2 до точки врезки в нефтепровод ПСВТ «Инзырей» – ПСП «Южное Хыльчую» (краткую характеристику см. табл. 3).



Таблица 1

**Краткая характеристика объекта
«Газопровод «Харьяга – КС Головные»**

Характеристика	Показатель
1. Тип трубопровода	газопровод
2. Общая протяженность трубопровода по паспорту	139044 м
3. Труба, мм	Ø720×10,0
4. Марка стали	Сталь 17ГС ГОСТ 20295-74
5. Протяженность участков, попадающих под техническое перевооружение трубопровода по паспорту / по изысканиям	41750 м / 41800 м
6. Длина участков трубопровода по данным GPSнавигатора	42 003 м
7. Год ввода в эксплуатацию	1980
8. Рабочее давление	0,2 – 1,5 МПа
9. Рабочая температура	+40 °С
10. Категория и класс трубопровода по СП 284.1325800.2016	Категория III Класс IV
11. Характеристика рабочей среды	нефтяной, попутный газ
12. Расположение	подземное
13. Антикоррозионное покрытие	лакокрасочное покрытие, ПЛЛ
14. Проектная организация	«ПечорНИПИнефть»

Таблица 2

**Краткая характеристика объекта «Нефтегазосборные трубопроводы.
Район Р2. т. вр. к. 5014 – т. вр. к. 5016 УПН «УСА» (2 нитка)»**

Характеристика	Показатель
Назначение	Транспорт нефтегазовая эмульсия
Материал	Сталь 20А, К48
Протяженность	5 256 м
Диаметр	377,0 x 10,0 мм
Давление (номинальное)	МПа 4,0
Срок строительства	8 месяцев
Переходы через водотоки	2 перехода: – ручей б/н № 2 (ширина 1,34 м, надземно); – река Колва (ширина 259,60 м, ННБ)

Таблица 3

Краткая характеристика объекта «Нефтепровод от куста № 2 до точки врезки в нефтепровод ПСВТ «Инзырей» – ПСП «Южное Хыльчую»

Характеристика	Показатель
1. Тип трубопровода	нефтепровод
2. Общая протяженность трубопровода	11 696 м
3. Труба, мм	Ø114×8,0
4. Марка стали	20А (К48)
5. Рабочее давление	2,2 МПа
6. Характеристика рабочей среды	нефтяная эмульсия
7. Расположение	надземное
8. Антикоррозионное покрытие	лакокрасочное покрытие, ПЛЛ
9. Проектная организация	ООО «НИПИ нефти и газа УГТУ»

По результатам анализа проектной и рабочей документации, изучения технологии строительства и проведенного обследования объектов сделаны следующие выводы:

1. При выполнении строительно-монтажных работ на объекте «Техническое перевооружение объекта: Газопровод «Харьяга – КС Головные» в ходе установки ПКБУ наблюдалось, что после их засыпки и обводнения траншеи выше верха пригрузов пригружающая способность значительно снижается, а грунт, находящийся внутри балластирующих устройств, практически переходит во взвешенное состояние, отметка верха трубопровода увеличивается. После откачки грунта из траншеи пригружающая способность восстанавливалась, трубопровод возвращался на проектные отметки. Из описанных наблюдений следует, что для обеспечения сохранения нагрузок ПКБУ на трубопровод необходимо максимально обеспечить их герметичность. Достичь герметичности контейнеров возможно путем применения в конструкции водонепроницаемых полотен и дополнения конструкции полотном, покрывающим ПКБУ.

2. На участках сквозных и несквозных таликов, залегающих на криогенных водоупорах, выполнение выравнивающего слоя мягким грунтом в условиях повышения уровня воды в траншее затруднительно и не позволяет покрыть все выступающие части основания. Требуется применение водонепроницаемых грунтовых модулей с подложкой из бентонитовых матов. Устройство основания траншеи в виде подсыпки из минерального грунта под нефтегазопроводы с применением грунтовых модулей и без, а также теплоизоляционных матов в совокупности с термодинамическим анализом и тепловым регулированием перекачиваемого продукта позволит ограничить ореолы оттаивания и тем самым сохранить мерзлоту в ее естественном состоянии [4].

3. При проектировании объекта «Нефтепровод от куста № 2 до точки врезки в нефтепровод ПСВТ «Инзырей» – ПСП «Южное Хыльчую» принят надземный способ прокладки. Мероприятия по термической стабилизации грунтов сезонными охлаждающими устройствами не предусмотрены. Вместе с этим на участках миграции животных применяется наземный способ прокладки с учетом насыпи 1,4 м выше верхней образующей защитного кожуха и устройством теплоизоляционных экранов. При этом в соответствии с проектом организации строительства доставка песчаного грунта для строительства временных дорог предусмотрена из



карьера «Яйгорью-2» расположенного на расстоянии 16 км от места производства работ. Наземный способ прокладки в насыпи в данном случае наиболее рационален.

Во-первых, темпы производства работ значительно увеличиваются за счет отсутствия необходимости устройства свайных оснований и монтажа металлоконструкций эстакады. Комплекс работ мог состоять из следующих работ основного периода: сварка трубопроводов в плетъ, устройство основания трубопровода из теплоизоляционных плит, укладка нефтепровода и высоконапорного водовода, устройство насыпи высотой над группой трубопроводов.

Во-вторых, стоимость устройства свайных оснований и металлоконструкций эстакады несопоставима со стоимостью привозного минерального грунта и теплоизоляционных матов.

В-третьих, на обводненных участках имеется риск коррозии свайных оснований, находящихся выше отметки уровня земли [5]. Для защиты трубопроводов на обводненных участках возможно применение грунтовых модулей по обе стороны трубопровода на высоту насыпи, также возможно применение рулонных гидроизоляционных материалов, в т. ч. бентонитовых матов.

В-четвертых, в случае устройства свайных оснований при производстве работ нарушается мохорастительный слой и структура вечномёрзлого грунта, что может привести к процессу оттаивания. При наземной прокладке мерзлотный грунт и мохорастительный слой остаются нетронутыми.

4. Можно выделить несколько предложений по совершенствованию строительных конструкций и технологии строительства линейных объектов в заданных осложненных условиях. Один из вариантов – это применение комбинированных многослойных полотен в качестве материала для ПКБУ.

В настоящее время при производстве полимерно-контейнерных балластирующих устройств используется техническая ткань марки ТБГ-360. Такая ткань обладает высокой прочностью, химической и микробиологической стойкостью, что обеспечивает долгий срок службы изготовленной из нее продукции в различных грунтовых условиях, в том числе на болотах. Изготавливается из высокопрочных технических полиамидных, полиэфирных и полипропиленовых нитей и обладает разрывной нагрузкой от 33 до 100 кН.

На базе предприятия ООО «БентИзол» проведен эксперимент по проверке характеристик рулонного материала, состоящего из нетканого синтетического материала, глиняной крошки и армирующего слоя из тканого геотекстиля, т. н. бентонитовые маты.

В ходе эксперимента проверены:

1) гидроизоляционные свойства: закрепленное на специальном металлическом каркасе трехслойное полотно было наполнено водой объемом 30 л. (рис. 1). По прошествии 12 часов визуальным и осязательным методами проверено наличие влаги на внешней стороне изготовленной емкости – следы фильтрации воды не выявлены;

2) свойства восстановления после механических повреждений: без опорожнения емкости, сквозь полотно пропущены спицы на половину длины (рис. 2). В ходе визуальных наблюдений выход жидкости отсутствовал. После извлечения спиц наблюдались кратковременные струи жидкости из образованных отверстий, переходящие через несколько секунд в выход капель с последующим абсолютным прекращением выхода воды сквозь полотно (рис. 3).



Рис. 1. Заполненное водой бентонитовое полотно на металлическом каркасе



Рис. 2. Пропущенные спицы сквозь дно заполненной водой емкости и бентонитового полотна



Рис. 3. Место образованного спицей отверстия после самовосстановления полотна

Вторым вариантом совершенствования технологии строительства линейных объектов является использование наземного способа прокладки с применением грунтовых модулей и многослойных полотен с глиняной крошкой.

Грунтовые модули предназначены для сооружения искусственных траншей трубопроводов диаметром ≤ 1420 , уложенных на дневную поверхность земли, оснований грунтовых насыпей дорог, общепланировочных насыпей и др. Конструкция кондуктора для установки, а также геомодуля представлены на рис. 4.

При строительстве искусственных траншей грунтовые модули устанавливаются по обе стороны от трубопровода наземной прокладки, что препятствует разрушению грунтовой обсыпки.

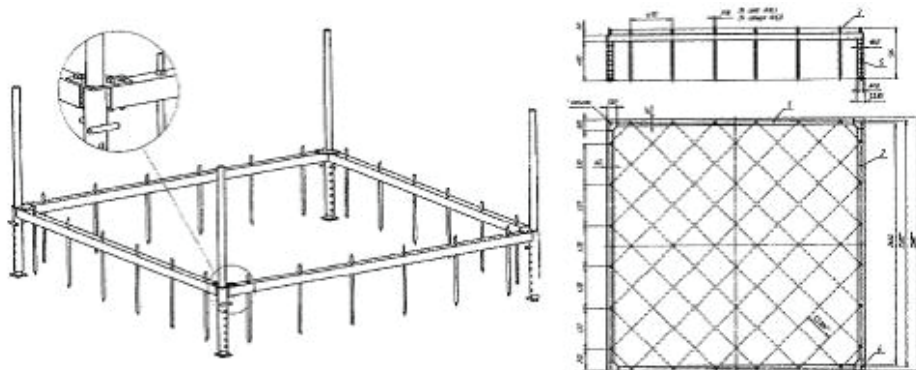


Рис. 4. Конструкция кондуктора для грунтовых модулей

Грунтовые модули изготавливаются из ленты технической ткани расчетной ширины с различными размерами ячеек, меняя которые добиваются требуемой несущей способности грунтового основания с учетом динамических нагрузок. В настоящее время технические ткани, применяемые в конструкции, не обладают водонепроницаемостью. При эксплуатации грунт постепенно насыщается поверхностными грунтовыми и талыми водами с последующим их замерзанием и оттаиванием.

Применение грунтовых модулей при устройстве основания трубопровода в мерзлых грунтах также может быть вариантом совершенствования технологии строительства линейных объектов.

Теплоизоляция подземных трубопроводов с помощью экранов используется для устранения морозного пучения грунтов при транспортировке продукта с отрицательной температурой либо возможности протаивания и осадки мерзлых грунтов основания при транспортировке горячих продуктов.

Теплоизоляционные экраны могут быть изготовлены из пенополиуретановых или пенополистирольных плит. Наиболее оптимальным вариантом является экструдированный полистирол, который обладает высокими теплоизоляционными характеристиками. Для защиты теплоизоляционного материала от влаги выполняется покрытие битумами, мастиками, лентами и пленками.

В зависимости от особенностей состава мерзлых грунтов основания (например, льдистость), диаметра трубопровода и температуры транспортируемого продукта плиты можно укладывать либо только под трубу, либо под трубу и по боковым стенкам траншеи.

Таким образом, применение в конструкции насыпей и траншей, а также средств балластировки рассмотренных многослойных материалов позволяет усовершенствовать имеющиеся технологии. В случае применения данного материала в составе ПКБУ требуется обеспечить необходимый показатель разрывной нагрузки.

Полученные в ходе работы данные дают возможность подбора наиболее оптимальных решений по технологии строительства линейных нефтегазопроводов в водонасыщенных и вечномерзлых грунтах с учетом решения проблем, встречающихся на практике.

Итогом работы является разработка предложений по модернизации строительных конструкций, совершенствованию технологии строительства линейных объектов в заданных осложненных условиях.



Использование современных технологий при строительстве позволит значительно повысить надежность эксплуатации нефтегазопроводов, а также обеспечить высокий уровень экологической защищенности окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 86.13330.2014. Магистральные трубопроводы : свод правил : актуализированная редакция СНиП III-42-80*: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 14 февраля 2014 г. № 61/пр : дата введения 01 июня 2014 г. – Москва : Минстрой России, 2014. – 227 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 30 декабря 2020 г. № 915/пр : дата введения 01 июля 2021 г. – Москва : Минстрой России, 2020. – 123 с. – Текст : непосредственный.
3. ГОСТ Р 21.101-2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июня 2020 г. № 282-ст : дата введения 2021-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 70 с. – Текст : непосредственный.
4. Дерцакян, А. К. Строительство трубопроводов на болотах и многолетнемерзлых грунтах / А. К. Дерцакян, Н. П. Васильев. – Москва : Недра, 1978. – 167 с. – Текст : непосредственный.
5. Димов, Л. А. Магистральные трубопроводы в условиях болот и обводненной местности / Л. А. Димов, Е. М. Богушевская. – Москва : Горная книга, 2010. – 392 с. – ISBN 978-5-98672-182-8. – Текст : непосредственный.

KONDRASHKIN Oleg Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of construction technology; OSKIRKO Anastasiya Alekseevna, senior teacher of the chair of construction technology; SAMIKOV Ilshat Naelevich, undergraduate student

IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF A PIPELINE WITH A BASE OF GROUND MODULES AND BALLASTING FACILITIES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: anoskirko@yandex.ru

Key words: main pipelines, building structures of linear facilities, pipeline construction technologies, complex geological conditions of construction, ballasting facilities, proposals for improvement.

The article analyzes methods of laying oil and gas pipelines, modern technologies of construction and installation works, studies practical problems in the construction, reconstruction and repair of linear facilities in the oil and gas industry in conditions of weakly bearing and permafrost soils, selects the most optimal technologies of building pipelines in water-saturated and permafrost soils taking into account emerging problems. The result of the study is the development of proposals for the modernization of building structures, improvement of the technology of construction of linear facilities in complicated conditions.



REFERENCES

1. SP 86.13330.2014. Magistralnye truboprovody [Main pipelines] : svod pravil : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp III-42-80* : utverzhdyon prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (MinstroyRossii) ot 14 fevralya 2014 g. № 61/pr : data vvedeniya 01 iyunya 2014 g. – Moscow: Minstroy Rossii. 2014, 227 p.
2. SP 25.13330.2020. Osnovaniya i fundamente na vechnomyorzlykh gruntakh [Bases and foundations on permafrost soils]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.02.04-88 : svod pravil : utverzhdyon prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (MinstroyRossii) ot 30 dekabrya 2020 g. № 915/pr : data vvedeniya 01 iyulya 2021 g. – Moscow: Minstroy Rossii. 2020, 123 p.
3. GOST R 21.101-2020. Sistema proektnoy dokumentatsii dlya stroitelstva. Osnovnye trebovaniya k proektnoy i rabochey dokumentatsii [System of design documents for construction. Basic requirements for design and working documentation] : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Federal. agent-va po tekhnich. regulirovaniyu i metrologii ot 23 iyunya 2020 g. № 282-st : data vved. 2021-01-01. Moscow, Standartinform, 2020, 70 p.
4. Dertsakyan A. K., Vasilev N. P. Stroitelstvo truboprovodov na bolotakh i mnogoletnemyorzlykh gruntakh [Construction of pipelines in swamps and permafrost soils] Moscow: Nedra, 1978, 167 p.
5. Dimov L. A., Bogushevskaya E. M. Magistralnye truboprovody v usloviyakh bolot i obvodnyonnoy mestnosti [Main pipelines in the conditions of swamps and flooded areas]. Moscow: Gornaya kniga, 2010, 392 p.

© **О. Б. Кондрашкин, А. А. Оскирко, И. Н. Самиков, 2022**

Получено: 20.06.2022 г.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.166

А. Л. ВАСИЛЬЕВ¹, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; **А. С. ТАРАСОВ²**, ведущий инженер-технолог; **Л. Д. ГУСЕВА³**, ведущий инженер

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-87;
эл. почта: k_viv@nngasu.ru

²ОАО «Дзержинский водоканал»
Россия, 606019, г. Дзержинск, пр-т Дзержинского, д. 43. Тел.: (8313) 25-96-17;
эл. почта: secretar@istok.sinn.ru

³ФГБУ «ЦЛАТИ по ПФО»
Россия, 606300, г. Н. Новгород, ул. Гончарова, д. 1А. Тел.: (831) 437-29-07;
эл. почта: centrpf@clatipfo.ru

Ключевые слова: качество воды, обеззараживание питьевой воды, озонирование, перекись водорода, хлорирование.

Изложены основные современные методы обеззараживания питьевых вод, имеющие практическое применение и позволяющие обеспечить безопасность водоснабжения населения, с указанием их преимуществ и недостатков.

В качестве источников централизованного водоснабжения населения широко используются пресные подземные водоносные горизонты и поверхностные водные объекты. Сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты и на рельеф местности приводит к истощению источников водоснабжения, снижению качества воды. Водные объекты становятся средой обитания для патогенных и условно патогенных микроорганизмов, возбудителей различных инфекционных заболеваний. Водным путем передаются брюшной тиф, холера, паратифы, дизентерия, амебиаз, энтеровирусные заболевания, инфекционный гепатит, лептоспироз, туляремия, лямблиоз, балантидиоз, некоторые гельминтозы, аденовирусные заболевания и др. [1].

Обеззараживание питьевой воды служит надежным барьером на пути передачи водным путем возбудителей инфекционных болезней, уничтожает патогенные и условно патогенные микроорганизмы, чем обеспечивает эпидемическую безопасность воды.

Целью данной работы является изучение современных методов обеззараживания питьевой воды.

Существующие методы обеззараживания питьевой воды по способу их воздействия на микроорганизмы можно поделить на химические (реагентные) и физические (безреагентные) методы, а также комбинированные, сочетающие в себе и химические, и физические методы [2].

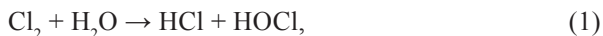
К химическим способам обеззараживания питьевой воды относят: хлорирование с применением жидкого и газообразного хлора, растворов гипохлорита натрия, сухих реагентов или прямой электролиз, диоксид хлора, озонирование; к



физическим – обеззараживание ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком и т. д.

Ввиду высокой эффективности широкое распространение получило обеззараживание питьевой воды с использованием хлора и его производных.

При взаимодействии растворенного хлора с водой происходит следующая реакция [2]:



Обеззараживающее действие оказывают гипохлоритный ион OCl^\cdot и недиссоциированная хлорноватистая кислота.

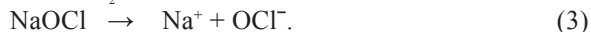
Процесс взаимодействия хлора с бактериальной клеткой в воде проходит в две стадии: сначала обеззараживающий агент диффундирует внутрь бактериальной клетки, а затем вступает в реакцию с белками цитоплазмы, ядерным аппаратом клетки, а также с клеточными ферментами. Спороцидный эффект проявляется при высоких концентрациях хлора и при длительном контакте. Высокорезистентны к действию хлора вирусы, а также цисты простейших и яйца гельминтов [3].

Хлор также обладает пролонгированным бактерицидным действием, что предотвращает развитие вторичного бактериального загрязнения в трубопроводах распределительной сети.

Существенным недостатком применения хлора в качестве обеззараживающего реагента является его способность вступать в хлорзамещающие реакции с органическими веществами, образуя токсичные и опасные хлорорганические соединения.

В настоящее время от применения газообразного и жидкого хлора в качестве обеззараживания сточных вод практически отказались ввиду высокой токсичности и опасности данного способа дезинфекции питьевой воды. На смену использованию хлора пришло использование раствора гипохлоритов кальция и натрия. Окислительное и бактерицидное действие гипохлорита идентично действию растворенного хлора.

Растворяясь в воде, гипохлорит натрия диссоциирует на ионы [4]:



Одновременно с пролонгированным антибактерицидным действием протекают реакции окисления органических соединений и формирование устойчивых хлорорганических соединений, обладающих мутагенностью и канцерогенностью. Это является существенным недостатком применения метода хлорирования.

В централизованных системах питьевого водоснабжения нашло широкое применение диоксида хлора (ClO_2). Он обладает более высоким бактерицидным и дезодорирующим эффектом, при этом в воде не образуются токсичные хлорорганические соединения, улучшаются органолептические свойства воды. При растворении в воде медленно образуются хлористая и хлорноватая кислоты (реакция диспропорционирования) [4]:



Образующаяся хлористая кислота очень неустойчива и разлагается:



Действие на микроорганизмы ClO_2 обусловлено не только высоким содержанием высвобождающегося хлора, но и образующимся атомарным кислородом. Именно это сочетание делает диоксид хлора более сильным обеззараживающим агентом. В ходе реакции диоксид хлора отдает органическим веществам атомы



кислорода, не вступая в реакцию хлорзамещения, и по этой причине является менее опасным, чем чистый хлор. Поэтому диоксидом хлора начали активно заменять традиционное хлорирование воды на станциях водоочистки по всему миру. Однако стоит отметить существенную дороговизну метода и достаточно сложную технологию.

Неорганические хлорамины, также имеющие дезинфицирующие свойства, применяются при обеззараживании воды на водопроводных станциях, однако в значительно редких случаях. Хлорамины существуют в трех различных формах: монохлорамины (NH_2Cl), дихлорамин (NHCl_2) и трихлорамин (NCl_3), которые химически связаны и легко превращаются друг в друга в зависимости от условий среды (pH, температуры, турбулентности и массового соотношения хлор с аммиаком) [5].

Хлорамин по сравнению с хлором является менее эффективным дезинфицирующим веществом, обладает большим пролонгированным действием, однако трудно удаляется. Кроме того, некоторые побочные продукты дезинфекции хлораминном еще более токсичны, чем хлор.

В водных растворах до 10°C устанавливается равновесие [6]:



Хлорная известь – комплексное соединение, в котором содержится не более 35 % активного хлора. При хранении, особенно в сырости и на свету, хлорная известь теряет активность.

Окислительно-восстановительный потенциал хлорсодержащих реагентов и их бактерицидная активность возрастают в ряду: хлорамин → хлорная известь → хлор (газ) → диоксид хлора [2].

Альтернативным хлорированию химическим методом обеззараживания питьевой воды является озонирование. Озон (O_3) – аллотропная модификация кислорода, наиболее сильный из известных в настоящее время окислителей. Как и хлор, озон является высокотоксичным газом. Озон оказывает бактерицидное действие на патогенную микрофлору, обеззараживает споры и цисты простейших, патогенные микроорганизмы и вирусы, а также способен устранять привкусы и запахи, разрушать высокомолекулярные органические соединения.

Реакция разложения озона в воде описывается сложным механизмом ввиду влияния огромного количества трудно контролируемых факторов. В общем виде процесс взаимодействия озона с чистой водой можно описать следующими уравнениями [7]:



Молекулярный кислород и свободные радикалы (HO_2 , OH), являясь сильными окислителями, обуславливают бактерицидные свойства озона.

Механизм воздействия окислителя состоит в разрушении структуры ДНК клетки и инактивации бактериальных ферментов. На эффективность бактерицидного действия озона оказывают влияние: pH, температура среды, наличие взвешенных и растворенных органических веществ, концентрация [8].

Основные достоинства применения озонирования воды – это экологическая безопасность (вероятность образования токсичных соединений в очищенной воде значительно ниже, чем при хлорировании), улучшение органолептических свойств воды, очень короткое время существования озона в воде. Однако высокая стоимость оборудования, значительные расходы электроэнергии и отсутствие эффекта «последствия», а также токсичность и взрывоопасность озона являются



недостатками данного метода.

Одним из перспективных методов химического обеззараживания при подготовке питьевой воды может являться использование пероксида водорода. Применение пероксида водорода (H_2O_2) не сопровождается негативными экологическими последствиями: H_2O_2 легко распадается на воду и кислород, не образуя токсичных соединений. Окислительные свойства пероксида водорода обеспечены атомарным кислородом. Кроме того, H_2O_2 действует в широком диапазоне значений концентраций, температуры, реакции среды (рН), имеет высокую селективность окисления различных примесей, стабильность, а также не требует сложного аппаратного оформления [9, 10].

Среди физических методов обеззараживания наиболее простым является термическая обработка воды. Однако, несмотря на то, что кипячение позволяет уничтожить в воде практически все возможные патогенные организмы, данный метод не возможен для применения в промышленных масштабах ввиду дороговизны и не обладает эффектом «последствия».

Антисептический эффект металлов (серебро, медь), брома, йода послужил основой для создания физического метода обеззараживания воды – олигодинамии. Однако данный метод не используется в промышленных масштабах ввиду опасных свойств серебра и меди при накоплении в организме человека, возникновения побочного неприятного запаха в случае применения йода, дороговизны метода бромирования [2].

Среди физических методов обеззараживания широкое распространение получило использование ультрафиолетового излучения. Ультрафиолетовым излучением называется электромагнитное излучение оптического диапазона с длиной волны 10–400 нм. При обеззараживании воды в технологии водоподготовки используется биологически активная область спектра УФ-излучения с длиной волны от 205 до 315 нм, называемая бактерицидным излучением. Обеззараживание воды УФ-излучением основано на необратимых повреждениях молекул ДНК и РНК микроорганизмов, что приводит к гибели клетки. Преимуществами использования УФ-лучей являются: широкий спектр антимикробного действия, отсутствие опасности передозировки, сохранение органолептических свойств воды, минимальное время контакта (секунды). Недостатками метода являются зависимость бактерицидного эффекта от мутности и цветности обрабатываемой воды и отсутствие оперативного контроля эффективности. Этот метод не дает эффекта «последствия», что делает возможным вторичный рост бактерий в обработанной воде [2, 11].

К физическому методу обеззараживания воды относится гамма-излучение. Под действием гамма-излучения в процессе радиолиза воды образуются свободные радикалы, которые оказывают губительное действие на бактериальную клетку. Дозы порядка 25 000–50 000 Р вызывают гибель практически всех бактериальных форм. В установках для обеззараживания воды можно использовать отработанные тепловыделяющие элементы атомных реакторов. Однако высокие требования к технике безопасности при эксплуатации установки, отсутствие эффекта «последствия» и способа оперативного контроля ограничивают использование этого метода на практике централизованного питьевого водоснабжения [2].

Физический метод обеззараживания воды ультразвуком до конца неясен. Эффект обеззараживания состоит в том, что ультразвук вызывает образование пустот в сильно завихренном пространстве, что ведет к разрыву клеточной стенки бактерии. К преимуществам ультразвуковой обработки воды можно отнести широкий спектр антимикробного действия, отсутствие влияния на органолепти-



ческие свойства воды, независимость бактерицидного эффекта от физико-химических свойств воды, достаточную техническую надежность. Высокая бактерицидная эффективность достигается при частоте ультразвука от 20 000 до 1 000 000 Гц. Очистка воды ультразвуком считается одним из новейших и перспективных методов обеззараживания несмотря на его дороговизну. В настоящее время технологические основы использования ультразвука в водоподготовке не разработаны [12].

Еще одним перспективным способом обеззараживания питьевой воды является ее обработка импульсными электрическими разрядами (ИЭР). Электрогидравлический эффект возникает в результате выделения большого количества энергии между электродами, помещенными в обрабатываемую воду. Высоковольтный (20–100 кВ) или низковольтный (1–10 кВ) разряд происходит за доли секунды и сопровождается мощными ударными волнами, явлениями кавитации, ультрафиолетовыми и ультразвуковыми импульсами, возникновением магнитных и электрических полей, в результате чего происходит уничтожение в воде практически всех патогенных микроорганизмов. Бактерицидные свойства сохраняются до 4 месяцев. Основным преимуществом данного метода является экологическая чистота. Однако этот способ имеет ряд недостатков, в частности относительно высокую энергоемкость (0,2–1 кВт·ч/м³) и, как следствие, дороговизну [2].

Каждый из рассмотренных методов обеззараживания питьевой воды имеет ряд преимуществ и недостатков. Широко применяемый на практике метод хлорирования, несмотря на свою эффективность, приводит к образованию токсичных и мутагенных для организма человека и окружающей среды веществ. Озонирование воды является взрывоопасным и дорогостоящим методом. УФ-обеззараживание воды значительно зависит от физико-химических свойств воды. Недостаточная изученность, дороговизна и сложность технического обеспечения использования методов гамма-излучения, ультразвука и обработки воды импульсными электрическими разрядами делают данные методы недостаточно приемлемыми на практике.

К наиболее перспективным из представленных методов обеззараживания воды можно отнести экологически чистый и экономически выгодный метод обработки воды пероксидом водорода. Однако применение данного метода в промышленных масштабах требует дополнительного изучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хотько, Н. И. Водный фактор в передаче инфекции / Н. И. Хотько, А. П. Дмитриев. – Пенза : [Б. и.], 2002. – 232 с. – Текст : непосредственный.
2. Журавлевич, Н. Е. Обеззараживание питьевой воды : метод рекомендации / Н. Е. Журавлевич. – Минск : БГМУ, 2017. – 26 с. – ISBN 978-985-567-691-2. – Текст : непосредственный.
3. Онищенко, Г. Г. Эффективное обеззараживание воды – основа профилактики инфекционных заболеваний / Г. Г. Онищенко. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 12. – С. 8–12.
4. Муллина, Э. Р. Химические аспекты процесса хлорирования воды / Э. Р. Муллина. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12 (часть 4) – С. 609–613.
5. Wang, A.-Q. Factors affecting the water odor caused by chloramines during drinking water disinfection / Wang A.-Q., Lin Y.-L., Xu B., et al. // Science of the Total Environment. – 2018. – Volume 639. – P. 687–694.
6. Water Disinfection with Chlorine and Chloramine. – URL: www.cdc.gov.
7. Kasprzyk-Hordern, B. Catalytic ozonation and methods of enhancing molecular ozone



reactions in water treatment / B. Kasprzyk-Hordern, M. Ziolek, J. Nawrocki // Applied Catalysis B: Environmental. – 2003. – Volume 46. – P. 639–669.

8. Орлов, В. А. Озонирование воды / В. А. Орлов. – Москва : Стройиздат, 1984. – 88 с. – Текст : непосредственный.

9. Пероксид водорода в технологиях обеззараживания воды: эколого-экономический аспект : монография / И. А. Денисова, Т. И. Дровозова, Н. В. Ляшенко [и др.] ; под ред. В. В. Денисова. – Новочеркасск : УПЦ Набл ЮРГТУ (НПИ), 2011. – 150 с. – ISBN 978-5-88998-864-9. – Текст : непосредственный.

10. Скурлатов, Ю. И. Определяющая роль окислительно-восстановительных процессов в формировании качества природной водной среды / Ю. И. Скурлатов. – Текст : непосредственный // Успехи химии. – 1991. – Том 60. – № 3. – С. 140–142.

11. Похил, Ю. Н. Применение УФ-обеззараживания в системах водоснабжения и водоотведения г. Новосибирска / Ю. Н. Похил, В. Н. Новошинцев, А. Р. Камалетдинов, С. В. Костюченко, А. А. Ткачев, А. Д. Смирнов. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 4. – С. 32–35.

12. Василяк, Л. М. Возможности использования ультразвука для обеззараживания воды / Л. М. Василяк, А. Д. Смирнов. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 9. – С. 49–59.

VASILEV Aleksey Lvovich¹, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; TARASOV Aleksandr Sergeevich², leading process engineer, GUSEVA Lubov Demyanovna³, leading engineer

MODERN METHODS OF DRINKING WATER DISINFECTION

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-87;
e-mail: k_viv@nngasu.ru

²JSC “Dzerzhinsky vodokanal”
43, Dzerzhinsky Ave., Dzerzhinsk, 606019, Russia. Tel.: +7 (8313) 25-96-17;
e-mail: sekretar@istok.sinn.ru

³FSBA “Laboratory analysis and technical measurement center in the Volga Federal District”
1A, Goncharov St., Nizhny Novgorod, 606300, Russia. Tel.: +7 (831) 437-29-07;
e-mail: centrpf@clatipfo.ru

Key words: water quality, disinfection of drinking water, ozonation, hydrogen peroxide, chlorination.

The article describes the main modern methods of disinfection of drinking water, having practical application and allowing to ensure safe water supply to the population, with indication of their advantages and disadvantages.

REFERENCES

1. Khotko N. I., Dmitriev A. P. Vodny faktor v peredache infektsii [The water factor in the transmission of infection]. Penza, 2002, 232 p.
2. Zhuravlevich N. E. Obezrazhivanie pitevoy vody: metod, rekomendatsii [Disinfection of drinking water: method, recommendations]. Minsk: BSMU, 2017, 26 p. – ISBN 978-985-567-691-2.
3. Onischenko G. G. Effektivnoe obezrazhivanie vody – osnova profilaktiki infektsionnykh zabolevaniy [Effective disinfection of water – the basis of prevention of infectious diseases] // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary equipment], 2005,



№ 12. P. 8–12.

4. Mullina E. R. Khimicheskie aspekty protsessa khlorirovaniya vody [Chemical aspects of the water chlorination process] // *Mezhdunarodny zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2016, № 12 (part 4). P. 609–613.

5. Wang A.-Q., Lin Y.-L., Xu B., et al. Factors affecting the water odor caused by chloramines during drinking water disinfection // *Science of the Total Environment*. 2018, Vol. 639. P. 687–694.

6. Water Disinfection with Chlorine and Chloramine. URL: www.cdc.gov.

7. Kasprzyk-Hordern B., Ziolek M., Nawrocki J. Catalytic ozonation and methods of enhancing molecular ozone reactions in water treatment // *Applied Catalysis B: Environmental*. 2003. Vol. 46. P. 639–669.

8. Orlov V. A. Ozonirovanie vody [Ozonation of water]. Moscow: Stroyizdat, 1984, 88 p.

9. Denisova I. A., Drovovozova T. I., Lyashenko N. V., et al. Peroksid vodoroda v tekhnologiyakh obezzarazhivaniya vody: ekologo-ekonomicheskiy aspekt [Hydrogen peroxide in water disinfection technologies: ecological and economic aspect]: monografiya. Pod red. V.V. Denisova. – Novocherkassk: UPTs Nabla YuRGU (NPI), 2011, 150 p. – ISBN 978-5-88998-864-9.

10. Skurlatov Yu. I. Opredelyayuschaya rol okislitelno-vosstanovitelnykh protsessov v formirovani kachestva prirodnoy vodnoy sredy [The determining role of redox processes in the formation of the quality of the natural aquatic environment] / *Uspekhi khimii* [Successes of Chemistry], 1991, Vol. 60, № 3. P. 140–142.

11. Pokhil Yu. N., Novoshintsev V. N., Kamaletdinov A. R., Kostyuchenko S. V., Tkachyov A. A., Smirnov A. D. Primenenie UF-obezzarazhivaniya v sistemakh vodosnabzheniya i vodootvedeniya g. Novosibirsk [Application of UV disinfection in water supply and sanitation systems of Novosibirsk] / *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2019, № 4. P. 32–35.

12. Vasilyak L. M., Smirnov A. D. Vozmozhnosti ispolzovaniya ultrazvuka dlya obezzarazhivaniya vody [Possibilities of using ultrasound for water disinfection] / *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2014, № 9. P. 49–59.

© А. Л. Васильев, А. С. Тарасов, Л. Д. Гусева, 2022

Получено: 28.06.2022 г.

УДК 628.247

М. В. ШУВАЛОВ¹, канд. техн. наук, доц., директор Академии строительства и архитектуры; **Р. М. ШУВАЛОВ²**, канд. техн. наук, гл. специалист отдела проектирования

О ПРОЦЕДУРЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 224.

Тел.: (846) 242-17-84; факс: (846) 242-17-84; эл. почта: mshuv57@gmail.com

²ООО НПФ «ЭККОС»

Россия, 443010, г. Самара, ул. Чапаевская, д. 234, к. 1. Тел.: (846) 242-41-70

Ключевые слова: канализационная сеть, капитальный ремонт, реконструкция, восстановление трубопроводов, реновация трубопроводов, санация трубопроводов.



На основе анализа конструктивных особенностей устройства самотечных канализационных сетей показано, что выбор технологии прочистки трубопровода и (или) его восстановления (реновации или санации) в случаях ликвидации аварии в виде засора канализационного трубопровода или нарушения его целостности должен выполняться в оперативном порядке на основе заранее разработанных типовых технологических карт производства ремонтно-строительных работ, с учетом сведений об аварийном участке сети, имеющихся в документе «Информационная модель системы канализации поселения».

Анализ статистических данных о канализационных сетях в 129 населенных пунктах Российской Федерации, представленный в статье [1], показывает, что более 55 % трубопроводов данного вида инженерных коммуникаций нуждаются в капитальном ремонте, так как нормативный срок их эксплуатации закончился.

Муниципальные предприятия водопроводно-канализационного хозяйства параллельно с повседневной систематической работой по обеспечению бесперебойного водоснабжения и отведения сточных вод от зданий, строений и сооружений поселений выполняют плановые работы по капитальному ремонту, реконструкции и строительству новых трубопроводных сетей с целью обеспечения комплексного и устойчивого развития территорий поселений и городских округов.

Отличительные признаки видов строительства «капитальный ремонт линейных объектов» и «реконструкция линейных объектов» установлены в статье 1 Градостроительного кодекса [2]. При выполнении работ по «капитальному ремонту» трубопроводных сетей или их участков (частей) так же, как и при «реконструкции», принято считать, что происходит изменение параметров линейных объектов, но при производстве второго вида работ это «влечет за собой изменение класса, категории и (или) первоначально установленных показателей функционирования таких объектов (мощности и др.) или при котором требуется изменение границ полос отвода и (или) охранных зон таких объектов».

В Российской Федерации капитальный ремонт канализационных сетей осуществляется с применением современных бестраншейных методов восстановления (реновации или санации) трубопроводов, а также с применением традиционного траншейного метода (открытого способа строительства), заключающегося в замене труб на ремонтируемом участке трубопроводной сети с предварительным вскрытием земной поверхности над ним.

При реконструкции канализационных сетей применяются: традиционный открытый способ производства монтажа трубопровода с разработкой грунта в траншее экскаватором и современные бестраншейные методы – горизонтальное направленное бурение и микротоннелирование, внедренные в мировую практику строительства в последней четверти прошлого столетия, а также традиционные бестраншейные методы – прокол, продавливание, горизонтальное шнековое бурение и щитовая проходка. Кроме того, вышеперечисленные бестраншейные методы применяют для строительства новых трубопроводов в стесненных условиях на трассе линейного объекта, при устройстве переходов под водными объектами, автодорогами и железнодорожными путями и при глубине заложения трубопровода свыше 7 м.

Традиционный траншейный метод капитального ремонта (восстановления) трубопроводов сопряжен с выполнением большого объема земляных работ, разрушением покрытий автодорог, тротуаров и газонов, повреждением древесных и кустарниковых растений, перекрытием автомобильного и общественного транспортного движения. При разработке траншеи на ремонтном участке, как правило, требуется осуществлять крепление ее откосов, потому что уличные канализацион-



ные сети прокладываются на глубине 3–7 м. Стоимость работ по восстановлению благоустройства территории при применении траншейного метода ремонта канализационных сетей составляет значительную долю в общем объеме затрат на ремонтно-строительные работы. Кроме того, нарушение транспортной инфраструктуры и благоустройства территории в жилых зонах при производстве ремонтно-строительных работ вызывает социальное недовольство жителей.

При аварии на самотечной канализационной сети в виде засора или повреждения целостности конструкции трубопровода достаточно сложно обеспечить бесперебойность действия вышележащих участков сети по причине специфических технических параметров данного вида инженерных сетей. Наружная канализационная самотечная сеть по форме пространственной компоновки характеризуется как разветвленная система подземных трубопроводов и каналов, в которой последовательно соединено множество участков внутриквартальных и уличных сетей, а также бассейновых коллекторов. По направлению потока транспортируемой среды канализационная самотечная сеть относится к категории сборных сетей, в которой сточные воды от зданий, строений и сооружений, расположенных в границах одного или нескольких бассейнов канализования, отводятся по трубопроводам к насосным станциям, к станциям очистки или к месту выпуска в водные объекты. По гидравлическому режиму данный вид технической системы характеризуется как безнапорная сеть трубопроводов. Наружная канализационная сеть трубопроводов является элементом взаимосвязанной многокомпонентной системы канализации поселения. В зависимости от того, какие категории сточных вод транспортируются по трубопроводной сети, их подразделяют на виды систем канализации. При полной раздельной системе канализации в поселениях строят две отдельные сети: одна сеть трубопроводов для отведения бытовых и производственных сточных вод, допущенных к сбросу в городскую канализацию, вторая – для отведения поверхностных сточных вод.

В соответствии с классическими нормативными правилами самотечная канализационная сеть трубопроводов проектируется в одну линию. При строительстве напорной канализации, а также водопроводных сетей широко применяются технологические мероприятия: дублирование трубопроводов, устройство обводных линий и перепусков, а также параллельная прокладка трубопроводов, которые обеспечивают бесперебойность работы всей или большей части элементов технической системы. При строительстве сетей самотечной канализации в мировой практике эти мероприятия исторически не применяются, во-первых, из-за экономических соображений, а во-вторых, с целью выполнения основного положения методики проектирования и правил эксплуатации сетей канализационных трубопроводов, предназначенных для транспортирования хозяйственно-фекальных (содержащих до 500 мг/л взвешенных веществ) и поверхностных сточных вод, требующих строить трубопровод с такими уклоном и диаметром, при которых будет обеспечена самоочищающая скорость потока в периоды пропуска по трубопроводу расчетного максимального секундного расхода с учетом соблюдения нормативных требований по предельному наполнению трубопровода (для бытовой канализации – от 0,6 до 0,8 H/D в зависимости от диаметра D трубопровода, а для дождевой H/D принимается равным 1).

В отечественных строительных нормах вышеприведенные технические мероприятия для обеспечения «бесперебойного действия системы водоотведения» и, соответственно, при строительстве канализационных сетей были прописаны впервые в п. 4.19 СП 32.13330.2012 «СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные

сети и сооружения». В действующей редакции этого документа в п. 6.1.1 СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения» уточняется, что предусматривать устройство перепускных трубопроводов и камер, на параллельно построенных самотечных коллекторах канализации для отключения аварийных участков сети следует при наличии технической возможности и целесообразности применения данного мероприятия.

Следует отметить, что в Справочнике проектировщика [3, с. 20], изданном в 1963 г., прописано, что «кольцевание сетей канализации допускается лишь при наличии особых требований».

Классические нормативные правила по устройству переходов самотечных и напорных канализационных трубопроводов через водные объекты в виде дюкера можно охарактеризовать как особые требования. Строительство трубопроводов на таких участках осуществляется в две рабочие линии с устройством камер переключения на обоих концах линий дюкеров. В камерах переключения устанавливаются запорную арматуру, с помощью которой возможно отключение одной или двух параллельных линий дюкера при возникновении аварийных ситуаций.

Нарушение проектного режима функционирования самотечных канализационных сетей происходит по причине возникновения двух видов аварийных ситуаций (отказов функционирования). Первый вид – закупорка трубопровода (засор), второй – нарушение герметичности за счет образования трещин и других типов повреждений его целостности. Частота возникновения отказов функционирования канализационной сети зависит от соблюдения стандартизированных правил в процессе их проектирования, строительства и эксплуатации, а также влияния большого ряда других факторов, в числе которых срок эксплуатации, сезонные процессы и внешние нагрузки и воздействия на подземный трубопровод имеют наиболее существенное значение. Наглядным примером работоспособности сетей канализации в крупном городе является подробный анализ статистических данных об аварийных ситуациях в г. Самаре за период 9 лет (2002–2010 гг.) на канализационных трубопроводах (с общей протяженностью 1200 км, включая напорные трубопроводы 82,2 км), представленный в работе [4]. Результаты этих исследований показали, что количество засоров в самотечных трубопроводах превышает общее количество повреждений в напорных и самотечных трубопроводах в 136 раз. Более 97 % общего числа засоров происходит на канализационных сетях диаметром до 250 мм. Удельное количество отказов (засоров / повреждений) в течение одного года было зафиксировано на 1 км длины трубопровода с диаметром: до 150 мм – 16,1 / 0,05 шт./((км·год); 200 – 250 мм – 6 / 0,033 шт./((км·год); 300 – 350 мм – 1,2 / 0,025 шт./((км·год); 400 – 450 мм – 0,2 / 0,015 шт./((км·год). Для участков трубопроводов с диаметром свыше 400 мм количество повреждений сопоставимо с количеством засоров.

Конструктивные особенности устройства самотечных канализационных сетей способствуют тому, что для выполнения работ по ликвидации аварии на этих трубопроводах отводится ограниченное время. Поэтому выбор технологии прочистки трубопровода и (или) его восстановления (реновации или санации) должен выполняться в оперативном порядке на основе заранее разработанных типовых (образцовых) технологических карт производства ремонтно-строительных работ, с учетом сведений об аварийном участке сети, имеющихся в документе «Информационная модель системы канализации поселения».

В соответствии с требованиями действующих нормативных документов выбор способа строительства (открытый или закрытый) и (или) восстановления кана-



лизационного трубопровода и выбор метода бестраншейной прокладки (при оценке варианта с применением технологии закрытого способа производства работ) должен производиться на основе технико-экономического сравнения вариантов. Выбор оптимального метода восстановления трубопровода из числа бестраншейных технологий рекомендуется выполнять на основе сведений о технологических и эксплуатационных показателях семи методов, наиболее широко применяемых на практике, информация о которых систематизирована и подробно изложена в документе «Положение о санации водопроводных и водоотводящих сетей» [5].

На первом этапе регламента по выбору технологии восстановления (реновации или санации) трубопровода на аварийном участке или на участке, подлежащем капитальному ремонту по причине превышения проектного (расчетного) срока его эксплуатации, а также при рассмотрении решения о проведении работ по реконструкции участка сети рекомендуется выполнить комплексный анализ следующих информационных данных:

1) сведений из документа «Информационная модель системы канализации поселения» о текущем состоянии конструктивных элементов трубопровода на ремонтном участке и его проектных и фактических показателей функционирования (пропускная способность и диаметр трубопровода; наличие и виды повреждений, выявленные при проведении обследования труб и колодцев);

2) сведений о запланированных мероприятиях по перспективному развитию и повышению надежности эксплуатации системы канализации и ее модернизации, заложенных в документе «Программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры поселения», разработанном и утвержденном на основании Генерального плана поселения.

На завершающем этапе регламента следует производить технико-экономическое сравнение вариантов по выполнению ремонтно-строительных работ на основе следующих предварительно собранных исходных данных:

– сведений о протяженности трассы ремонтного участка канализации и наличии на ней поворотных, узловых и перепадных колодцев;

– сведений о глубине заложения трубопровода и наличии вдоль и поперек его трассы ранее уложенных подземных инженерных сетей и транспортных коммуникаций;

– сведений о рельефе местности и гидрогеологических условиях на ремонтном участке трубопровода и других местных условиях;

– сведений о наличии квалифицированных специалистов, строительного оборудования и материалов, необходимых для выполнения строительно-монтажных работ с применением бестраншейных технологий.

При выполнении технико-экономического сравнения вариантов по выполнению ремонтно-строительных работ рекомендуется тщательно проанализировать и учесть при проектировании в расчетах все возможные «проектные ситуации» (согласно СП 248.1325800.2016 «Сооружения подземные. Правила проектирования», определение этого понятия: «комплекс наиболее неблагоприятных условий, которые могут возникнуть при возведении и эксплуатации сооружения»).

С целью составления и актуализации документа «Информационная модель системы канализации поселения» организациям, эксплуатирующим муниципальные канализационные сети, рекомендуется систематически осуществлять работу по проведению обследования технического состояния трубопроводных сетей и колодцев на них в соответствии с положениями СП 272.1325800.2016 «Системы водоотведения городские и поселковые. Правила обследования».



Учет проектных решений, заложенных в градостроительной (ППТ) и проектной документации по комплексному развитию территории, прилегающей к земельному участку, на котором расположен рассматриваемый ремонтный участок сети канализации, будет способствовать обеспечению устойчивого развития поселения и позволит сократить затраты на инженерное обеспечение вновь строящихся объектов.

Выводы:

1. Выбор технологии прочистки трубопровода и (или) его восстановления (реновации или санации) в случаях ликвидации аварии в виде засора канализационного трубопровода или нарушения его целостности должен выполняться в оперативном порядке на основе заранее разработанных типовых (образцовых) технологических карт производства ремонтно-строительных работ, с учетом сведений об аварийном участке сети, имеющихся в документе «Информационная модель системы канализации поселения».

2. Регламент по выбору технологии восстановления (реновации или санации) трубопровода на аварийном участке или на участке, подлежащем капитальному ремонту по причине превышения проектного (расчетного) срока его эксплуатации, а также при рассмотрении решения о проведении работ по реконструкции участка сети, рекомендуется начинать с проведения комплексного анализа сведений из документов «Информационная модель системы канализации поселения» и «Программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры поселения», с последующим выполнением технико-экономического сравнения вариантов на основе исходных данных: сведений о протяженности трассы ремонтного участка канализации и наличии на ней поворотных, узловых и перепадных колодцев; сведений о глубине заложения трубопровода и наличии вдоль и поперек его трассы ранее уложенных подземных инженерных сетей и транспортных коммуникаций; сведений о рельефе местности и гидрогеологических условиях на ремонтном участке трубопровода и других местных условиях; сведений о наличии квалифицированных специалистов; сведений о наличии строительного оборудования и материалов, необходимых для выполнения строительно-монтажных работ с применением бестраншейных технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шувалов, М. В. Применение труб из различных материалов для устройства канализационных сетей / М. В. Шувалов, Д. И. Тарakanов. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 3. – С. 54–58.
2. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации : федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ : [редакция от 30.12.2021]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.
3. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / под общей редакцией Г. М. Федоровского. – Москва : ГСИ, 1963. – 456 с. – Текст : непосредственный.
4. Шувалов, М. В. Анализ работы городских канализационных сетей / М. В. Шувалов, М. Н. Сопыряев. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 9, Часть 2. – С. 55–59.
5. Положение о санации водопроводных и водоотводящих сетей : утверждено на заседании НТС ГОССТРОЯ РОССИИ от 16.09.2003 № 01-НС-15/3. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200072709?ysclid=lgau64840236825710>. – Текст : электронный.



SHUVALOV Mikhail Vladimirovich¹, candidate of technical sciences, associate professor, director of architecture and civil engineering academy; SHUVALOV Roman Mikhaylovich², candidate of technical sciences, chief specialist of the design department

ON THE PROCEDURE OF SELECTING TECHNOLOGIES FOR RECONSTRUCTION OF SEWER NETWORK PIPELINES

¹Samara State Technical University

244, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443100, Russia. Tel.: +7 (846) 242-17-84; fax: +7 (846) 242-17-84; e-mail: mshuv57@gmail.com

²JSC Scientific and production company "EKOS"

234, Chapaevskaya St., of. 1, Samara, 443100, Russia. Tel.: +7 (846) 242-41-70

Key words: sewerage network, overhaul, reconstruction, restoration of pipelines, renovation of pipelines, sanitation of pipelines.

Based on the analysis of the design features of gravity sewer networks, the article points out that the choice of technology for clearing and (or) reconstruction (renovation or sanitation) during liquidation of sewer pipeline blockage or breakage of its integrity, is to be carried out promptly based on the pre-developed standard technological maps of repair and construction works, considering the information about the emergency section of the network available in the document "Information model of the sewage system of the settlement".

REFERENCES

1. Shuvalov M. V., Tarakanov D. I. *Primenenie trub iz razlichnykh materialov dlya ustroystva kanalizatsionnykh setey* [Application of pipes made of different materials for sewage networks]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Engineering]. 2012, № 3. P. 54–58.
2. Rossiyskaya Federatsiya. *Zakony. Gradostroitelny kodeks Rossiyskoy Federatsii* [Town Planning Code of the Russian Federation]: federalny zakon RF ot 29.12.2004 № 190-FZ : redaktsiya ot 30.12.2021. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.
3. *Spravochnik proektirovshchika promyshlennykh, zhilikh i obshchestvennykh zdany I sooruzheniy. Kanalizatsiya naselyonnykh mest i promyshlennykh predpriyatiy* [Designer's handbook for industrial, residential and public buildings and structures. Sewerage of settlements and industrial enterprises] / pod obschey red. G. M. Fedorovskogo. Moscow, GSI, 1963, 456 p.
4. Shuvalov M. V., Sopyryaev M. N. *Analiz raboty gorodskikh kanalizatsionnykh setey* [Analysis of urban sewage networks]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Engineering]. 2011, № 9, part 2. P. 55–59.
5. *Polozhenie o sanatsii vodoprovodnykh i vodootvodyaschikh setey* [Regulation on sanitation of water supply and drainage networks] : utverzhd. na zasedanii GOSSTROYA ROSSII ot 16.09.2003 № 01-NS-15/3. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200072709?ysclid=l6gau64840236825710>.

© М. В. Шувалов, Р. М. Шувалов, 2022

Получено: 28.03.2022 г.

УДК 625.85:691.168

В. Т. ЕРОФЕЕВ^{1, 2}, акад. РААСН, д-р техн. наук, д-р биол. наук, проф. кафедры микробиологии и физиологии растений, декан архитектурно-строительного факультета, **М. А. ЛИКОМАСКИНА¹**, аспирант кафедры строительных материалов и технологий архитектурно-строительного факультета; **В. В. АФОНИН¹**, канд. техн. наук, доц. кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления института электроники и светотехники, **А. И. АРХИПОВА¹**, канд. техн. наук, начальник отдела управления интеллектуальной собственностью

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ НА МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИИ ПЕСЧАНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»

Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68. Тел.: (987) 692-67-24; эл. почта: chakichevama@list.ru

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»

Россия, 603022, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д. 23. Тел.: (831) 462-30-03

Ключевые слова: асфальтобетоны, модуль деформации, долговечность, биосреда, мицелиальные грибы, интерполяция линейная, Эрмита.

В процессе эксплуатации в асфальтобетонных покрытиях появляется значительное количество дефектов в виде разрушений и деформаций. Для повышения долговечности асфальтобетона и увеличения межремонтных сроков в первую очередь необходимо обеспечить его устойчивость к трещинообразованию, особенно в осенне-зимне-весенний период, увеличить его сопротивляемость к сдвиговым нагрузкам в летний период, повысить усталостную долговечность. В этой связи научную и практическую ценность имеют результаты исследований, направленных на установление показателей, характеризующих изменение свойства асфальтобетонов под воздействием эксплуатационных факторов. В настоящей работе в качестве исследуемого свойства рассматривался модуль деформации и его изменение в условиях воздействия микробиологического фактора, а именно, мицелиальных грибов. После проведения испытаний в стандартной среде мицелиальных грибов установлены количественные зависимости стойкости асфальтобетонов различного типа.

Срок службы российских автомобильных дорог, мостов и эстакад, к большому сожалению, является недостаточно высоким, и тому есть ряд объективных причин. Прежде всего, общий рост числа автомобилей и перевозок грузов автотранспортом. К тому же российские и зарубежные автопроизводители постоянно совершенствуют колесную технику, что приводит для грузовых автомобилей и прицепов к ним к росту осевой нагрузки, а для легковых и грузопассажирских автомобилей – к росту мощности двигателя и возрастанию сдвиговых усилий в момент разгона/торможения. В настоящее время в связи с увеличением интенсивности и грузонапряженности автомобильного движения одной из важнейших тенденций в строительстве дорог является стремление к повышению срока службы асфальтобетонных покрытий.

Покрытия автомобильных дорог в процессе эксплуатации находятся под воздействием главным образом двух групп факторов; во-первых, механических,



обусловленных нагрузками от транспортных средств, и во-вторых, погодно-климатических, химико-биологических и температурно-влажностных воздействий. Под воздействием второй группы факторов происходят необратимые изменения свойств и структуры асфальтобетона в слое покрытия, способствующие к снижению способности воспринимать нагрузки разного рода. Циклическое воздействие нагрузок, температурно-влажностных и других факторов приводят к усталостным явлениям [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Согласно многочисленным исследованиям [6, 10, 11, 13], повышенный интерес к исследованию вопросов усталостного разрушения дорожных покрытий во многом объясняется необходимостью увеличения реальных сроков службы асфальтобетонных покрытий. При воздействии на дорожную конструкцию нагрузок от движущихся транспортных средств в слоях асфальтобетонного покрытия вследствие прогиба дорожной конструкции возникают растягивающие и сжимающие напряжения. При проходе колеса автомобиля максимальные растягивающие напряжения возникают в подошве покрытия. Хотя активные напряжения существенно меньше критических, локальные напряжения, связанные с неоднородностью материала, могут отклоняться от среднего значения и в местах, где они превышают предел прочности пленок битума, связи рвутся – последнее определяется также предельной деформативностью материала [6, 14]. Повторные приложения нагрузок приводят к накоплению разорванных связей и образованию микрополостей. В результате через определенное число циклов приложения нагрузки в подошве покрытия под полосой наката возникают микротрещины, объединяющиеся затем в макротрещины. Макротрещины растут одновременно в двух направлениях: вверх и параллельно плоскости покрытия. Еще через определенное число циклов нагружения трещина прорастает сквозь покрытие и становится видимой на его поверхности. Многочисленные международные исследования, выполненные в последние годы, показали, что усталостное трещинообразование может развиваться и от поверхности дорожного покрытия в глубину [6, 13]. В ходе разработки «Руководства по механико-эмпирическому проектированию новых и реконструируемых дорожных одежд» (США) рассматривались два типа усталостного трещинообразования: восходящее и нисходящее. Восходящее усталостное трещинообразование начинается с появления коротких продольных и поперечных трещин на полосе наката, которые быстро распространяются, образуя сетку трещин. Размер ячейки уменьшается за счет появления дополнительных трещин, и сетка трещин переходит в растрескивание типа «крокодиловая кожа» с размером ячеек менее 50×50 см. Эти трещины образуются в подошве асфальтобетонного покрытия и распространяются к поверхности под действием многократных нагрузок. В работах [6, 7] предполагаются следующие механизмы нисходящих усталостных трещин: критические растягивающие и сдвигающие напряжения на поверхности асфальтобетонного покрытия, вызванные воздействием шин колес автомобилей с высоким контактным давлением; интенсивное старение асфальтобетонного слоя на поверхности приводит к повышению его жесткости, что при действии транспортной нагрузки способствует появлению и ускоренному развитию трещин. Следует отметить, что влияние модуля упругости земляного полотна на нисходящее усталостное трещинообразование противоположно его влиянию на восходящее. Если повышение модуля упругости грунта приводит к замедлению образования восходящих усталостных трещин, то нисходящее трещинообразование при этом увеличивается. Любой фактор, повышающий прочность основания (более прочный грунт земляного полотна, укрепленное основание и т. д.), вызыва-



ет повышенные растягивающие напряжения в поверхностном слое и увеличивает продольное трещинообразование.

Наблюдения за состоянием автомобильных дорог при эксплуатации показывают, что процессы разрушения дорожных одежд «усиленной» прочности (с толщиной асфальтобетонных слоев более 18 см) и «средней» прочности (с толщиной асфальтобетонных слоев 10–14 см) имеют различный характер. При малой толщине слоев асфальтобетона в подошве покрытия возникают большие растягивающие напряжения, приводящие к появлению поперечных и продольных трещин по полосам наката. В летний период возможен процесс «залечивания» трещин. Однако быстрое развитие сквозных трещин (учитывая малую толщину асфальтобетонных слоев) способствует прониканию атмосферных осадков в нижележащие слои дорожной одежды и грунт земляного полотна, их ослаблению, что, в свою очередь, при воздействии транспортных нагрузок приводит к образованию сетки трещин [13].

Дорожные одежды с повышенной толщиной асфальтобетонных слоев могут быть подвержены нисходящему продольному трещинообразованию, особенно в южных районах, где процессы старения асфальтобетона протекают наиболее интенсивно, в этой связи при оценке долговечности асфальтобетонных покрытий необходимо учитывать перечисленные факторы взаимосвязано, так как результат их совместного воздействия на покрытие существенно отличается от влияния каждого фактора в отдельности [15]. Из вышеизложенного следует, что от искусственных конгломератов, в том числе асфальтобетонов, работающих в зданиях и сооружениях, воспринимающих нагрузки, требуется, чтобы достаточная механическая прочность сочеталась с деформационной устойчивостью, т. е. с его способностью надежно противостоять возникновению и развитию необратимых деформаций (пластических, ползучести) или появлению и росту трещин. Имеются многочисленные примеры, когда конгломератный материал, обладая достаточной прочностью, проверенной по расчетным нагрузкам, преждевременно разрушается вследствие недостаточной деформационной устойчивости появления и развития необратимых деформаций [15, 16, 17, 18, 19]. Под влиянием внешних факторов – силовых и температурных, а также внутренних спонтанно развивающихся явлений – структуры, особенно микроструктуры со временем подвержены изменениям, поэтому многие составы асфальтобетонов способны к износу с изменением прочностных и деформативных свойств от упруго хрупких до вязкопластических [14], этому также способствуют эксплуатационные среды [19, 20].

Долговечность является важнейшей характеристикой дорожных асфальтобетонных покрытий, строительных материалов, изделий, конструкций в том числе асфальтобетонных покрытий. Долговечность асфальтобетона должна учитываться при конструировании дорожных одежд, разработке новых технологий приготовления асфальтобетонных смесей, проектировании их составов, применении модифицирующих добавок в процессе получения смесей с целью улучшения их качества. Во многих случаях долговечность асфальтобетона является главным критерием при выборе составов и технологий приготовления различных асфальтобетонных смесей [4, 6, 7, 13].

Старение материала, т. е. разрушение химической структуры (возможны механизмы разрушения и на надмолекулярном уровне), сопровождающееся потерей прочностных и упругопластических свойств у наиболее активного компонента, создает благоприятные условия для микробиологического разрушения [6, 20, 21, 22, 23]. Известно, что микроорганизмы наиболее быстро и эффективно развиваются на твердых углеводородах и медленнее – на жидких и газообразных [24, 25, 26]. Достаточно легко окисляются в присутствии микроорганизмов алканы



нормального строения, алкены и циклоалканы, медленные ароматические углеводороды с образованием различных окси- и кетокислот. Все указанные углеводороды в различных соотношениях входят в состав битумов. Кроме твердых углеводородов нефти, биологическому воздействию могут подвергаться неорганические компоненты асфальтобетона: гравий, щебень, песок, минеральный порошок, так как для развития микроорганизмов необходимо наличие не только углерода, но и минеральных солей, содержащих различные элементы.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что актуальными являются исследования, направленные на установление изменения упругопластических свойств асфальтобетонов под воздействием микроскопических организмов.

Для исследований рассматривались асфальтобетоны типа Г и Д – плотные и высокопористые асфальтобетонные смеси. Нами ранее были проведены исследования физико-механических свойств асфальтобетонов и выбраны оптимальные составы, которые использовались для определения упруго-деформативных свойств материала, после выдерживания в биологической среде мицелиальных грибов в течение 1, 3 и 6 месяцев. Испытания материалов проводились с использованием консистометра Гепплера [27]. Оценивалось изменение упругопластических характеристик асфальтобетонов после воздействия мицелиальных грибов по сравнению с контрольными образцами того же состава по показателю модуля деформации материала через 15 мин после приложения нагрузки Т15. Для проведения исследований рассматривали 22 состава (представлены в табл. 1).

Таблица 1

Содержание компонентов в асфальтобетонных смесях

Составляющие	Содержание составляющих в составах, масс, %							
	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3	Состав № 4	Состав № 5	Состав № 6	Состав № 7	Состав № 8
Природный песок	87	87	60	60	25	25	87	87
Отсев дробления	-	-	34	34	69	69	-	-
Минеральный порошок	13	13	6	6	6	6	-	-
Мука	-	-	-	-	-	-	13	13
Стеклобой	-	-	-	-	-	-	-	-
Битум БНД 60/90, сверх 100 %	12	8	10	6	6	10	8	12
ПБВ, сверх 100 %	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

Составляющие	Содержание составляющих в составах, масс, %							
	Состав № 9	Состав № 10	Состав № 11	Состав № 12	Состав № 13	Состав № 14	Состав № 15	Состав № 16
Природный песок	87	87	60	60	25	25	87	87
Отсев дробления	-	-	34	34	69	69	-	-
Минеральный порошок	13	13	6	6	6	6	-	-
Мука	-	-	-	-	-	-	-	-
Стеклобой	-	-	-	-	-	-	13	13
Битум БНД 60/90, сверх 100 %	-	-	-	-	-	-	8	12
ПБВ, сверх 100 %	8	12	10	6	6	10	-	-



Окончание табл. 1

Составляющие	Содержание составляющих в составах, масс, %					
	Состав № 17	Состав № 18	Состав № 19	Состав № 20	Состав № 21	Состав № 22
Природный песок	60	60	25	25	87	87
Отсев дробления	34	34	69	69	-	-
Минеральный порошок	-	-	-	-	13	13
Мука	-	-	-	-	-	-
Стеклобой	6	6	6	6	-	-
Битум БНД 60/90, сверх 100 %	10	6	6	10	8	12
ПБВ, сверх 100 %	-	-	-	-	-	-

Различное содержание нефтяного битума в составах было принято с целью определения влияния структуры асфальтобетона на изменение его свойств в процессе биокоррозии.

Результаты экспериментальных исследований и их анализ изменения исследуемого свойства песчаных асфальтобетонов в биологической среде приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Модуль деформации асфальтобетонных составов
до и после экспонирования в биосреде**

Номер состава	Модуль деформации, МПа				Примечание
	Контрольный состав	Продолжительность выдерживания в биосреде, мес.			
		1 мес.	3 мес.	6 мес.	
1	0,66	0,18	0,58	1,69	Плотная асфальтобе- тонная смесь типа Г
8	0,6	0,24	0,32	0,14	
10	1,42	0,59	2,48	3,61	
16	1,16	1,34	0,59	1,85	
22	0,12	0,38	0,39	0,18	
7	0,15	0,27	2,26	0,82	Высокопористая песчаная асфальтобе- тонная смесь
9	0,01	0,05	0,24	0,01	
15	0,01	0,24	2,53	0,44	
21	0,34	0,89	0,48	0,2	
3	0,01	0,24	0,19	0,28	Плотная асфальтобе- тонная смесь типа Г
11	0,01	0,93	1,01	1,29	
17	4,93	0,95	5,83	9,2	
4	1,05	6,93	0,46	3,61	Высокопористая песчаная асфальтобе- тонная смесь
12	0,01	16,04	1,62	4,51	
18	0,01	0,06	65,74	3,98	
5	0,99	1,53	2,4	0,98	Высокопористая песчаная асфальтобе- тонная смесь
13	0,23	32,7	2,02	12,05	
19	0,01	18,6	2,97	130,62	
6	7,96	6,63	6,2	3,99	Плотная асфальтобе- тонная смесь типа Д
14	0,85	0,53	15,8	17,6	
20	4,78	36,08	1,4	24,75	

Результаты, представленные в табл. 2, позволяют выполнить программную оценку зависимости модуля деформации асфальтобетонных составов (смесей, образцов) в результате их экспонирования в биосреде.

В основу программного алгоритма положена схема моделирования, представленная на рис. 1.

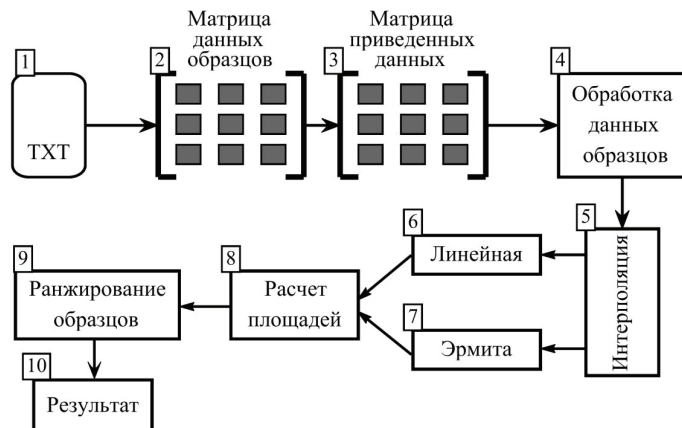


Рис. 1. Схема моделирования процесса оценки изменения модуля деформации

Условные обозначения (цифры в квадратах) означают следующие операции:

1 – файловая система с текстовыми файлами, содержащими числовые данные;
 2 – формирование матрицы числовых данных исследуемых образцов;
 3 – матрица приведения числовых данных к относительным единицам относительно числовых данных контрольных образцов;

4 – начальный этап обработки числовых данных исследуемых образцов для проведения интерполяции экспериментальных данных;

5 – операция интерполирования экспериментальных данных;

6 – линейная интерполяция с увеличением числа точек интерполирования в N раз (например, $N = 100$) относительно размера экспериментальных данных;

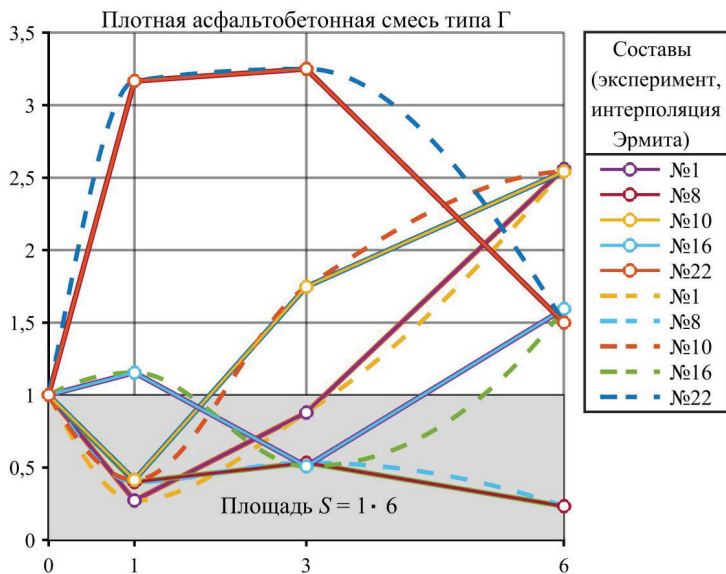
7 – кубическая интерполяция Эрмита с числом точек интерполирования, равных линейной интерполяции;

8 – расчет площадей (S_k , S_i) относительно длительности экспонирования ломаной фигуры при линейной интерполяции и гладкой кривой интерполяции Эрмита;

9 – ранжирование образцов на основе абсолютной разницы площади прямоугольника S и наибольшей площади из S_k , S_i , отнесенных к базовой площади S . Чем меньше найденная относительная величина (метрика), тем более устойчивым будет модуль деформации в результате тестовых испытаний в биосреде;

10 – результат S ранжирования с указанием номера образца и его числовой метрики.

Геометрическая интерпретация приведенных значений экспериментальных данных с указанием базовой площади S показана на рис. 2.

Рис. 2. Пример приведения данных и определение базовой площади S

На рис. 2 кривые данных эксперимента совпадают с их линейной интерполяцией. Задача заключается в программном определении минимальной абсолютной разницы между значением базовой площади S и площадью либо Sk (образованной кривой линейной интерполяции), либо Si (гладкой кривой кубической интерполяцией Эрмита).

Имея нумерацию составов и их числовые данные модуля деформации, в соответствии с табл. 2 и пояснениями на рис. 1, 2 была создана программа, которая в автоматизированном режиме позволила произвести ранжирование исследуемых составов.

Результат приведен в табл. 3, использованы следующие обозначения смесей: смесь 1 – плотная асфальтобетонная смесь типа Г; смесь 2 – высокопористая песчаная асфальтобетонная смесь; смесь 3 – плотная асфальтобетонная смесь типа Д.

Таблица 3

Результаты ранжирования образцов по введенной метрике

Образцы	Метрика, отн. ед.	Тип смеси
1.	№ 16	Смесь 1
2.	№ 1	Смесь 1
3.	№ 17	Смесь 1
4.	№ 6	Смесь 3
5.	№ 21	Смесь 2
6.	№ 8	Смесь 1
7.	№ 10	Смесь 1
8.	№ 5	Смесь 2
9.	№ 4	Смесь 2
10.	№ 22	Смесь 1
11.	№ 20	Смесь 3



Окончание табл. 3

Образцы	Метрика, отн. ед.	Тип смеси
12.	№ 7	Смесь 2
13.	№ 9	Смесь 2
14.	№ 14	Смесь 3
15.	№ 3	Смесь 1
16.	№ 13	Смесь 2
17.	№ 11	Смесь 1
18.	№ 15	Смесь 2
19.	№ 12	Смесь 2
20.	№ 18	Смесь 2
21.	№ 19	Смесь 2

Полученные результаты могут быть использованы при прогнозировании долговечности асфальтобетонов, эксплуатирующихся в условиях воздействия микробиологических агрессивных сред.

Выводы:

1. Анализ литературных источников показал, что в процессе эксплуатации в асфальтобетонных покрытиях появляется значительное количество дефектов в виде разрушений и деформаций. Покрытия автомобильных дорог в процессе эксплуатации находятся под воздействием главным образом двух групп факторов: 1) механических; 2) температурно-влажностных и химико-биологических.

2. Температурно-влажностные и химико-биологические среды вызывают старение материалов и способствуют снижению способности воспринимать усталостные напряжения от действующих нагрузок. При этом показано, что материал, обладающий достаточной прочностью, преждевременно разрушается вследствие недостаточной деформационной устойчивости. Достаточно часто изменение деформативных свойств асфальтобетонов происходит в результате их старения под воздействием микробиологических сред и в частности мицелиальных грибов.

3. В настоящей работе приведены исследования изменения деформативных свойств асфальтобетонов различного типа в стандартной среде мицелиальных грибов, при этом в качестве объектов исследования рассматривались песчаные асфальтобетоны различной плотной и высокоплотной структуры.

4. Разработана схема моделирования процесса оценки изменения модуля деформации асфальтобетонов. На основе эмпирических аналитических расчетов получены результаты ранжирования образцов по введенной метрике. Главный результат состоит в определении наиболее предпочтительного образца, который наиболее устойчив к изменению модуля упругости во время заданных испытаний в течение 6 месяцев в биосреде.

5. Ранжирование образцов, приведенное в табл. 3, дало возможность альтернативного выбора образцов в случае финансовых ограничений на приобретение тех или иных образцов из имеющихся асфальтобетонных смесей.

6. На рис. 2 виден определенный эмпирический вывод о выборе наилучшего образца по меньшему изменению модуля деформации во время проведенного экспонирования. В частности, образец № 8 наиболее подвержен изменению модуля деформации за время проведенных испытаний в биосреде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прогнозирование регионов биоповреждений строительных материалов / Е. Н. Каблов,



В. Т. Ерофеев, А. А. Ямашкин [и др.]. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 4 (52). – С. 158–166.

2. Ерофеев, В. Т. Биодеструктивные процессы в эколого-социально-производственных системах жилой застройки / В. Т. Ерофеев, А. А. Ямашкин, В. Ф. Смирнов // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 2 (46). – С. 116–123.

3. Исследование свойств бетона железобетонных конструкций сооружений, эксплуатируемых в прибрежной зоне черноморского побережья / В. Т. Ерофеев, Е. Ф. Ельчищева, А. И. Родин [и др.]. – Текст : непосредственный // Транспортные сооружения. – 2018. – Том 5, № 2. – С. 5.

4. Климатические испытания строительных материалов : монография / О. А. Аммосова, Ф. И. Бабенко, А. Н. Блазнов [и др.] ; под общей редакцией доктора технических наук О. В. Старцева [и др.]. – Москва : ACB, 2017. – 556 с., [14] л. цв. ил. : ил., табл. – ISBN 978-5-4323-0240-3. – Текст : непосредственный.

5. Нанотехнологии в производстве асфальтобетона / В. М. Готовцев, А. Г. Шатунов, А. Н. Румянцев [и др.]. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1. – С. 191–195.

6. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов (технология, свойства, долговечность) / В. Т. Ерофеев, Ю. М. Баженов, Ю. И. Калгин ; Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – Саранск, 2009. – 273 с. – ISBN 978-5-7103-2184-3. – Текст : непосредственный.

7. Лаврухин, В. П. Физико-механические свойства и усталостная долговечность асфальтобетонов на модифицированных битумах / В. П. Лаврухин, Ю. И. Калгин, В. Т. Ерофеев. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2003. – № 6. – С. 89–98.

8. Баничук, Н. Б. Оптимизация элементов конструкций из композиционных материалов / Н. Б. Баничук, В. В. Кобелев, Р. Б. Рикардс. – Москва : Машиностроение, 1988. – 224 с. – Текст : непосредственный.

9. Портон, В. С. Механика упругопластического разрушения / В. С. Портон, Е. М. Морозов. – Москва : Наука, 1974. – 416 с. – Текст : непосредственный.

10. Ерофеев, В. Т. Исследование реологических свойств модифицированного битума / В. Т. Ерофеев, А. И. Сальникова. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2016. – № 8. – С. 48–63.

11. Гаврилов, М. А. Пластично-вязкие свойства модифицированных эпоксидных композитов / М. А. Гаврилов, В. Т. Ерофеев, В. А. Худяков. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 3 (32). – С. 5–10.

12. Калгин, Ю. И. Разработка и исследование литого асфальтобетона на битумно-каучуковом вяжущем / Ю. И. Калгин, В. Т. Ерофеев. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2007. – № 1. – С. 60–63.

13. Лаврухин, В. П. Усталостная долговечность асфальтобетонов на модифицированных битумах / В. П. Лаврухин, Ю. И. Калгин, В. Т. Ерофеев. – Текст : непосредственный // Вестник Мордовского университета. – 2001. – № 3–4. – С. 128–135.

14. Рыбьев, И. А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ (искусственные строительные конгломераты) : учебное пособие для вузов / И. А. Рыбьев. – Москва : Высшая школа, 1978. – 309 с. – Текст : непосредственный.

15. Исследование долговечности битумных композитов в условиях переменной влажности, ультрафиолетового облучения и морской воды / В. Т. Ерофеев, А. И. Сальникова, Е. Н. Каблов Е. Н. [и др.]. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–12. – С. 2549–2556.

16. Баженов, Ю. М., Конструирование структур современных бетонов: определяющие принципы и технологические платформы / Ю. М. Баженов, Е. М. Чернышов, Д. Н. Коротких. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2014. – № 3. –



С. 5–14.

17. Технология получения структурированного асфальтобетона / В. М. Готовцев, А. Г. Шатунов, А. Н. Румянцев [и др.]. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9-4. – С. 899–903.

18. Безухов, Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести / Н. И. Безухов. – Москва : Высшая школа, 1968. – 512 с. – Текст : непосредственный.

19. Ерофеев, В. Т. Методы обработки экспериментальных данных : учеб. пособие / В. Т. Ерофеев, И. Н. Максимова, В. В. Афонин. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2019. – 140 с. – Текст : непосредственный.

20. Мардиросова, И. В. Модифицированное асфальтовое вяжущее повышенной стойкости к старению / И. В. Мардиросова, Н. Х. Чан, О. А. Балабанов. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 4. – С. 15–19.

21. Чан, Н. Х. Комплексно-модифицированный асфальтобетон повышенной стойкости к воздействиям жаркого и влажного климата / Н. Х. Чан, И. В. Мардиросова, О. А. Балабанов. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 7. – С. 54–61.

22. Ерофеев, В. Т. Оценка долговечности асфальтобетонов при испытаниях в климатических условиях с переменной влажностью, ультрафиолетовым облучением и агрессивной морской водой / В. Т. Ерофеев, М. А. Ликомаскина. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2016. – № 6. – С. 63–79.

23. Исследование биостойкости модифицированных асфальтобетонов и изучение видового состава микобиоты поверхности образцов, экспонированных в различных условиях влажного морского климата / В. Т. Ерофеев, М. А. Ликомаскина, В. Ф. Смирнов [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2016. – № 9 (693). – С. 25–40.

24. Ерофеев, В. Т. Исследование механизмов повреждения битумных композитов в условиях воздействия биологических агрессивных сред / В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, С. П. Пронькин. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–13. – С. 2787–2800.

25. Исследование стойкости битумных композитов в климатических условиях черноморского побережья и в морской воде / В. Т. Ерофеев, Ю. И. Калгин, А. В. Мартынов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–16. – С. 3493–3502.

26. Микробиологическая стойкость строительных материалов / А. В. Дергунова, Д. А. Светлов, В. Т. Ерофеев [и др.]. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2009. – № 2 (10). – С. 108–113.

27. Методика определения физико-механических свойств полимерных композитов путем внедрения конусообразного индентора / НИИ Госстроя Эстонской ССР. – Таллин, 1983. – 28 с. – Текст : непосредственный.

EROFEEV Vladimir Trofimovich^{1,2} academician of the RAACS, doctor of biological science, professor of the department of microbiology and plant physiology, professor, head of the department of building materials and technologies; LIKOMASKINA Maya Alekseevna¹, postgraduate student of the chair of building materials and technologies of the department of architecture and civil engineering; AFONIN Viktor Vasilevich¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of automated information processing systems and management; ARKHIPOVA Anzhelika Igorevna¹, candidate of technical sciences, head of intellectual property department

STUDY OF THE IMPACT OF EXPOSURE TO MYCELIAL FUNGI ON THE DEFORMATION MODULUS OF SANDY ASPHALT CONCRETE



¹National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev
68, Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Russia. Tel.: +7 (987) 692-67-24;
e-mail: chakichevama@list.ru

²National Research Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky
23, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603022, Russia. Tel.: (831) 462-30-03

Key words: asphalt concrete, deformation modulus, durability, biological environment, filamentous fungi, linear interpolation, Ermita.

During operation, a significant number of defects appear in asphalt concrete pavements in the form of destruction and deformation. To increase the durability of asphalt concrete and increase the time between repairs, first of all, it is necessary to ensure its resistance to cracking, especially in the autumn-winter-spring period, to increase its resistance to shear loads in the summer period, and to increase its fatigue life. In this regard, the results of studies aimed at establishing indicators characterizing changes in the properties of asphalt concrete under the influence of operational factors have scientific and practical value. In this work, the modulus of deformation and its change under the influence of a microbiological factor, namely, filamentous fungi, were considered as a property under study. After testing in a standard medium of filamentous fungi, quantitative dependences of the resistance of asphalt concrete of various types were established.

REFERENCES

1. Kablov E. N., Erofeev V. T., Yamashkin A. A. [et al.]. Prognozirovaniye regionov biopovrezhdeniy stroitelnykh materialov [Forecasting regions of biodamage of building materials]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2019, № 4 (52). P. 158–166.
2. Erofeev V. T., Yamashkin, A. A., Smirnov V. F. Biodestruktivnye protsessy v ekologo-sotsialno-proizvodstvennykh sistemakh zhiloy zastroyki [Biodestructive processes in ecological-social and production systems of housing construction]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018, № 2 (46). P. 116–123.
3. Erofeev V. T., Elchischeva E. F., Rodin A. I. [et al.]. Issledovanie svoystv betona zhelezobetonnykh konstruktsiy sooruzheniy, ekspluatiruemykh v pribrezhnoy zone chernomorskogo poberezhya [Research of properties of concrete of reinforced concrete structures of constructions operated in the Black Sea coastal zone]. Transportnye sooruzheniya [Transport facilities]. 2018, Vol. 5, № 2. P. 5.
4. Ammosova O. A., Babenko F. I., Blaznov A. N. [et al.]. Klimaticheskie ispytaniya stroitelnykh materialov [Climatic testing of building materials] / pod obschey red. doktora tekhn. nauk O.V. Startseva. Moscow, ASB, 2017. 556 p. [14] l. tsv. il. : il., tabl. – ISBN 978-5-4323-0240-3.
5. Gotovtsev V. M., Shatunov A. G., Rumyantsev A. N. Нанотехнологии в производстве асфальтобетона [Nanotechnologies in the production of asphalt concrete]. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research]. 2013, № 1. P. 191–195.
6. Erofeev V. T., Bazhenov Yu. M., Kalgin Yu. I. Dorozhnye bitumomineralnye materialy na osnove modifitsirovannykh bitumov (tekhnologiya, svoystva, dolgovechnost) [Road bitumen-mineral materials based on modified bitumen (technology, properties, durability)]. Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogareva. – Saransk, 2009. – 273 p. – ISBN 978-5-7103-2184-3.
7. Lavrukhin V. P., Kalgin Yu. I., Erofeev V. T. Fiziko-mekhanicheskie svoystva i ustalostnaya dolgovechnost asfaltobetonov na modifitsirovannykh bitumakh [Physical and mechanical properties and fatigue life of asphalt concrete on modified bitumens]. Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk [Bulletin of the Volga Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. Nizhny Novgorod, 2003, № 6. P. 89–98.
8. Banichuk N. B., Kobelev V. V., Rickards R. B. Optimizatsiya elementov konstruktsiy iz kompozitsionnykh materialov [Optimization of structural elements of composite materials].



Moscow, Mashinostroyeniye, 1988, 224 p.

9. Porton V. S., Morozov E. M. Mekhanika uprugo-plasticheskogo razrusheniya [Mechanics of elastic-plastic fracture]. Moscow, Nauka, 1974, 416 p.

10. Erofeev V. T., Salnikova A. I. Issledovanie reologicheskikh svoystv modifitsirovannogo bituma [Study of the rheological properties of modified bitumen]. Vestnik MGSU. 2016, № 8. P. 48–63.

11. Gavrilov M. A., Erofeev V. T., Khudyakov V. A. Plastichno-vyazkie svoystva modifitsirovannykh epoksidnykh kompozitov [Plastic-viscous properties of modified epoxy composites]. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo [Regional architecture and construction]. 2017, № 3 (32). P. 5–10.

12. Kalgin Yu. I., Erofeev V. T. Razrabotka i issledovanie litogo asfaltobetona na bitumno-kauchukovom vyazhushchem [Development and research of cast asphalt concrete on bitumen-rubber binder]. Stroitelnye materialy [Construction materials]. 2007, № 1. P. 60–63.

13. Lavrukhin V. P., Kalgin Yu. I., Erofeev V. T. Ustalostnaya dolgovechnost asfaltobetonov na modifitsirovannykh bitumakh [Fatigue life of asphalt concrete on modified bitumens]. Vestnik Mordovskogo universiteta [Bulletin of the Mordovian University]. 2001, № 3-4. P. 128–135.

14. Rybev I. A. Stroitelnye materialy na osnove vyazhushchikh veschestv (iskusstvennye stroitelnye konglomeraty) [Building materials based on binders (artificial building conglomerates): ucheb. posobie dlya vuzov. Moscow, Vysshaya shkola, 1978, 309 p.

15. Erofeev V. T., Salnikova A. I., Kablov E. N. [et al.]. Issledovanie dolgovechnosti bitumnykh kompozitov v usloviyakh peremennoy vlazhnosti, ultrafioletovogo oblucheniya i morskoy vody [Study of the durability of bituminous composites under conditions of variable humidity, ultraviolet irradiation and sea water]. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental research]. 2014, № 12–12. P. 2549–2556.

16. Bazhenov Yu. M., Chernyshov E. M., Korotkikh D. N. Konstruirovaniye struktur sovremennykh betonov: opredelyayushchie printsipy i tekhnologicheskie platformy [Designing the structures of modern concrete: defining principles and technological platforms]. Stroitelnye materialy [Construction materials]. 2014, № 3. P. 5–14.

17. Gotovtsev V. M., Shatunov A. G., Rumyantsev A. N. [et al.]. Tekhnologiya polucheniya strukturirovannogo asfaltobetona [Technology for the production of structured asphalt concrete]. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research]. 2012, № 9–4. P. 899–903.

18. Bezukhov N. I. Osnovy teorii uprugosti, plastichnosti i polzuchesti [Fundamentals of the theory of elasticity, plasticity and creep]. Moscow, Vysshaya shkola, 1968, 512 p.

19. Erofeev V. T., Maksimova I. N., Afonin V. V. Metody obrabotki eksperimentalnykh dannykh [Methods for processing experimental data]: ucheb. posobie. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2019, 140 p.

20. Mardirosova I. V., Chan N. Kh., Balabanov O. A. Modifitsirovannoe asfaltovoe vyazhushchee povyshennoy stoykosti k stareniyu [Modified asphalt binder with increased resistance to aging]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo [News of higher educational institutions. Construction]. 2011, № 4. P. 15–19.

21. Chan N. Kh., Mardirosova I. V., Balabanov O. A. Kompleksno-modifitsirovanny asfaltobeton povyshennoy stoykosti k vozdeystviyam zharkogo i vlazhnogo klimata [Complex-modified asphalt concrete of increased resistance to hot and humid climates]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo [News of higher educational institutions. Construction]. 2011, № 7. P. 54–61.

22. Erofeev V. T., Likomaskina M. A. Otsenka dolgovechnosti asfaltobetonov pri ispytaniyakh v klimaticheskikh usloviyakh s peremennoy vlazhnostyu, ultrafioletovym oblucheniem i agressivnoy morskoy vodoy [Evaluation of the durability of asphalt concrete during testing in climatic conditions with variable humidity, ultraviolet irradiation and aggressive sea water]. Vestnik MGSU. 2016, № 6. P. 63–79.

23. Erofeev V. T., Likomaskina M. A., Smirnov V. F. [et al.]. Issledovanie biostoykosti modifitsirovannykh asfalto-betonov i izuchenie vidovogo sostava mikrobioty poverkhnosti obraztsov, eksponirovannykh v razlichnykh usloviyakh vlazhnogo morskogo klimata [Study of the biostability of modified asphalt concretes and the study of the species composition of the surface mycobiota of samples exposed under various conditions of a humid maritime climate].



Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo [News of higher educational institutions. Construction]. 2016, № 9 (693). P. 25–40.

24. Erofeev V. T., Bogatov A. D., Pronkin S. P. Issledovanie mekhanizmov povrezhdeniya bitumnykh kompozitov v usloviyakh vozdeystviya biologicheskikh agressivnykh sred [Investigation of the mechanisms of damage to bituminous composites under the influence of biological aggressive media]. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research]. 2015, № 2-13. P. 2787–2800.

25. Erofeev V. T., Kalgin Yu. I., Martynov A. V. [et al.]. Issledovanie stoykosti bitumnykh kompozitov v klimaticheskikh usloviyakh chernomorskogo poberezhya i v morskoy vode [Study of the resistance of bituminous composites in the climatic conditions of the Black Sea coast and in sea water]. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research]. 2015, № 2–16. P. 3493–3502.

26. Dergunova A. V., Svetlov D. A., Erofeev V. T. [et al.]. Mikrobiologicheskaya stoykost stroitelnykh materialov [Microbiological stability of building materials]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2009, № 2 (10). P. 108–113.

27. Metodika opredeleniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv polimernykh kompozitov putyom vnedreniya konusoobraznogo indentora [Method for determining the physical and mechanical properties of polymer composites by introducing a cone-shaped indenter] // NII Gosstroya Estonskoy SSR. Tallinn: 1983, 28 p.

© В. Т. Ерофеев, М. А. Ликомаскина, В. В. Афонин, А. И. Архипова, 2022

Получено: 28.06.2022 г.

УДК 72.036

О. В. ОРЕЛЬСКАЯ, чл.-корр. РААСН, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования

ОБРАЗ ЦВЕТКА ЛОТОСА В АРХИТЕКТУРЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-83, 951-916-37-79; эл. почта: olgalero2015@yandex.ru

Ключевые слова: современная архитектура, история архитектуры, уникальные здания, символ, метафора, лотос.

Рассматривается обращение к форме лотоса в процессе развития мировой архитектуры. Этот символ находит отражение и в новейшей архитектуре, в основном стран Востока. Дается аналитический обзор уникальных архитектурных сооружений разных типов в зарубежных странах начала XXI в., образ которых вызывает прямые или косвенные ассоциации с цветком лотоса.

Из истории архитектуры известно, что в Древнем Египте лотос ассоциировался с Богом Солнца (лепестки цветка напоминают солнечные лучи). Лотос воспринимался как символ рассвета, плодородия, как символ совершенства, поскольку его листья, цветы и плоды образуют круг. Его цветы раскрываются при восходе солнца и вечером закрываются, в чем также виделась связь с Богом Солнца. Он стал и эмблемой Древнего Египта. Еще до нашей эры, в эпоху Нового царства, в Древнем Египте в храмах создавались колонны, которые имели венчающую часть – капитель, которая напоминала раскрытый цветок лотоса (рис. 1 цв. вклейки), а сама колонна – его стебель. Египетские колонны с капителями выполнялись разных видов: одни из них были папирусообразными, другие лотосοοбразными [1]. Примером сооружения с лотосοοбразными колоннами был, в частности, Храм Гора в Эдфу, относящийся к 237 году до н. э. Колонны имитировали растения, отличались наличием рисунка в виде лепестков лотоса с плавно изогнутыми линиями, которые сливались с элементами конструкций (рис. 2 цв. вклейки). Но цветочная символика присутствовала не только в архитектуре Древнего Египта. Этот цветок на юго-востоке Средиземноморья также был знаменит. В Древней Греции и Риме лотос считался растением, посвященным мифологическим богиням Гере (покровительнице брака) и Афродите (богине любви и красоты). Как священный символ, лотос был принят многими великими цивилизациями от Египта до Японии. Можно констатировать, что лотос – это один из наиболее распространенных и многозначных символов в египетской, японской, китайской и индийской культурах и традициях. Цветок лотоса (рис. 3 цв. вклейки) служит символом красоты и духовности. Распускающийся цветок на поверхности воды олицетворяет зарождение новой жизни. Лотос считается божественным цветком Востока. В Китае он является символом чистоты, гармонии и мира, почитается как священное растение. Картина художника династии Мин (1368–1644) У. Бина, выставленная в музее дворца в Пекине, считается старейшим изображением лотоса в собрании музея [2]. Лотос в живописи династии Мин появляется из воды (рис. 4 цв. вклейки). Лотос почитают в буддийской религии.



В Индии это символ богини-матери, символ творческой силы, духовного просветления и совершенства. Индуистские божества часто изображаются с цветком лотоса в руке. Лотос изображен на гербе страны. В Японии лотос также считают священным цветком, олицетворяющим совершенство и красоту. Цветы Лотоса относятся к часто встречаемым символам из мира природы в японских художественных произведениях, в частности на гравюрах.

В эпоху модерна, в конце XIX – начале XX вв., образ лотоса стал одним из ведущих в изобразительном искусстве, архитектуре, поэзии в Европе (флоральное направление модерна – ар-нуво – сформировалось во Франции, Бельгии и в США. Флоральный стиль обратился к декору из флоры и фауны, отказавшись от заимствований исторического декора. Пронизанный идеями романтизма и новизны по отношению к прошлому он стремился привнести в жизнь, в окружающую среду красоту природы. Цветочный орнамент, украшавший интерьеры зданий и их фасады, обладал плавными изогнутыми линиями, изображая в основном растительные и цветочные узоры в виде барельефов на стенах, рисунков на стеклянных витражах окон и дверей, на керамических мозаичных панно, например, в творчестве архитектора П. Беренса (рис. 5 цв. вклейки). При этом применялись оттенки, близкие к природным. Также цветы преобладали и в декоративно-прикладном искусстве. Причем цветы лотоса, лилий, ирисов, хризантем, орхидей обладали определенной символикой, т. е. они несли определенную смысловую нагрузку. Изображения носили условный стилизованный характер, но были при этом узнаваемыми. Это было философское осмысление красоты природы. Американский художник Луис Комфорт Тиффани в начале XX века получил признание, выполняя цветные стеклянные витражи с природными и цветочными мотивами, характеризующимися изящными плавными линиями, при создании светильников, ваз. Эта разновидность стиля модерн в США получила название по его фамилии – стиль Тиффани (стиль модерн). В его творчестве также встречаются примеры изображения цветов лотоса (рис. 6 цв. вклейки) [3].

В конце XX и начале XXI вв., с приходом эпохи постмодерна, архитекторы начали возвращать в архитектуру художественную образность, утраченную в предшествующую эпоху модернизма. Одним из направлений постмодернизма стала метафора, т. е. когда зритель получил возможность визуально сопоставлять здание с каким-либо подобным ему предметом или ассоциативным образом. При этом архитекторы использовали либо скрытое кодирование, либо явное. Причем ряд архитекторов, ведя поиски образной выразительности, стали обращаться к природным формам и при этом часто к прямым сравнениям. Стали появляться уникальные здания, не имеющие аналогов в архитектуре, но имеющиеся в естественной природе. Таким образом, язык архитектурных форм стал более понятен массовому потребителю. Метафора в архитектуре постмодернизма была, прежде всего, призвана обогатить язык современной архитектуры и вернуть в нее красоту. Архитекторы стали активно экспериментировать с формой, добиваясь определенной оригинальности. Из всего разнообразия архитектурных форм постмодернизма привлекают внимание произведения, силуэт, форма и конструкции которых напоминают вид цветка, в частности лотоса. Источником вдохновения в новейшей архитектуре Индии, Китая вновь становится лотос.

Ярким шедевром, достопримечательностью и архитектурной жемчужиной столицы Индии в 1986 г. стал Храм Лотоса в Нью-Дели – храм всех конфессий (арх. Фариборз Сахба). Он представляет собой грандиозное сооружение, которое по форме напоминает распускающийся цветок лотоса, состоящий из 27 оболочек-

**К СТАТЬЕ О. В. ОРЕЛЬСКОЙ
«ОБРАЗ ЦВЕТКА ЛОТОСА В АРХИТЕКТУРЕ»**



Рис. 1. Капитель в Древнем Египте



Рис. 2. Храм Гора в Эдфу

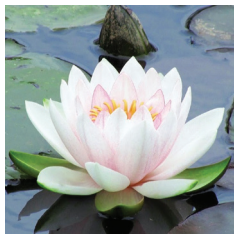


Рис. 3. Цветок лотоса в природе



Рис. 4. Цветок лотоса в стиле гунби



Рис. 5. Керамика. Водяная лилия

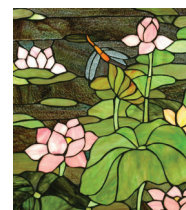


Рис. 6. Витраж Тиффани

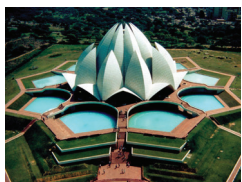
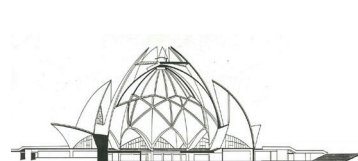


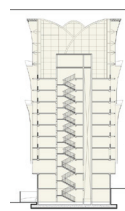
Рис. 7. Храм Лотоса в Нью-Дели



Разрез (к рис. 7)



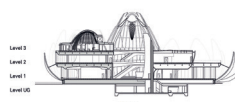
Рис. 8. Здание «Лотос» в Джайпуре



Разрез (к рис. 8)



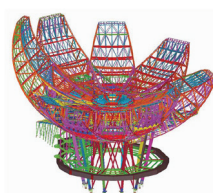
Рис. 9. Культурный центр в Чанчжоу



Разрез (к рис. 9)



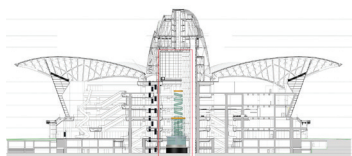
Рис. 10. Музей искусства и науки в Сингапуре



Компьютерная модель (к рис. 10)



Рис. 11. ТРЦ «Дениз Молл» в Баку



Разрез (к рис. 11)

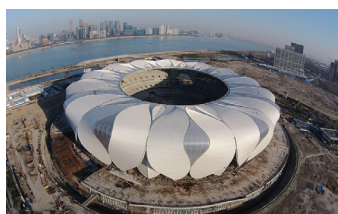
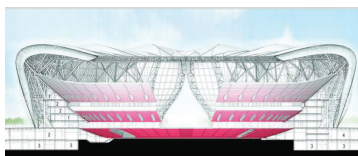


Рис. 12. Стадион в Ханчжоу



Разрез (к рис. 12)



Рис. 13. Проект стадиона «Эвергранд» в Гуанчжоу

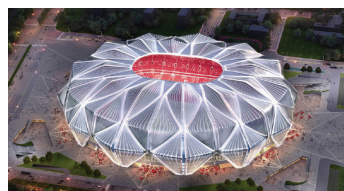
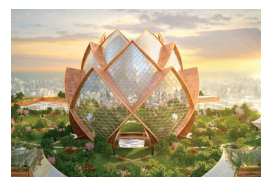


Рис. 14. Проект стадиона «Корона Лотоса» в Гуанчжоу



Рис. 15. Проект «Небесный город»



Фрагмент (к рис. 15)



Рис. 16. Проекты плавучего города «Лилупад»



Рис. 17. Проект «Лилупад»



лепестков (рис. 7 цв. вклейки). Здание высотой 40 м выполнено из железобетона и покрыто белым мрамором. Зал имеет диаметр 75 м. Храм расположен в саду площадью 10,5 га. При строительстве была использована традиционная для древних индийских храмов вентиляция, когда воздух проходит через бассейны с водой, охлаждается и позволяет создать оптимальную температуру в летнюю жару, а затем выходит через отверстие в куполе. Сооружение связано с магическим числом 9 (вокруг него расположено 9 бассейнов, т. е. здание окружено водой, как и естественный цветок лотоса). Оно имеет три ряда по 9 лепестков, а внутреннее пространство разделено на 9 секторов по числу основных религий [4]. Для построения сооружения была выполнена компьютерная модель. Архитектуру храма исследователи относят, как и Оперный театр в Сиднее, к неоекспрессионизму. В основе образа сооружения лежит постмодернистская метафора, обращенная к цветку лотоса, почитаемого символа духовного просветления.

Тема лотоса определяет образ офисного здания в Джайпуре (Индия), которое было запроектировано архитектурной компанией Котхари (*Kothari Associates*) в 1980-е годы. Заказчиком здания-башни выступала ювелирная компания Мотисонс Джewelерс (*Motisons Jewelers*). Из цветного стекла выполнены лепестки цветка с золотыми прожилками (рис. 8 цв. вклейки). Колористическое решение определяют девять цветов драгоценных камней, известных в природе. Сам объем здания – квадратный в плане. На трех нижних этажах расположены салоны по продаже ювелирных изделий. В ночное время светодиоды превращают здание в светящийся цветок [5].

В 2013 году австралийской архитектурной компанией (*Architect 505 Studio*) был построен Культурный центр (*The Lotus Building*) в Чанчжоу (Китай). Он состоит из трех объемов, которые выполнены в форме трех цветков лотоса: в виде бутона, в виде распускающегося цветка и уже раскрывшего свои лепестки. По внешнему виду они максимально приближены к реальным цветам лотоса, но гигантских размеров (рис. 9 цв. вклейки). Их лепестки созданы из мозаичных плиток нежно-розовых оттенков, которые формируют скульптурные формы. Здание находится на воде специально созданного искусственного озера и отражается в его глади. Сооружение, расположенное в парке, предназначенном для отдыха жителей, включает в свой состав конференц-центр, выставочные залы, клубные помещения, магазины, а также правительственное учреждение по планированию города. Для ночного освещения здесь применена система из светодиодов, которая представляет собой смену разных цветовых решений. Кроме того, это объект экологической направленности, который решает проблему минимального потребления электроэнергии, проблему использования воды для охлаждения воздуха в жару и обогрева его в холодное время года [6, 7].

Образ музея искусства и науки на острове Сингапур на побережье курортного комплекса (2011 г.) похож на огромный, высотой 60 м белый цветок лотоса (рис. 10 цв. вклейки). Автором произведения является всемирно известный канадский архитектор М. Сафди, вошедший в историю современной мировой архитектуры как лидер брутализма. Его здание-лотос также отличается не только определенной метафоричностью, но одновременно и монументальностью. Это музейно-выставочный комплекс, в котором размещается 21 помещение для постоянных и сменных экспозиций, демонстрирующих научные открытия, здесь проводятся международные конференции, посвященные науке и искусству. Его объемная чашеобразная структура асимметрична и состоит из 10 «лепестков», покрытых армированным полимером со стекловолокном, а вертикальные боковые



плоскости облицованы панелями из нержавеющей стали. Здание поднято над землей на 10 наклонных колоннах на высоту 11 метров. Здание – экологически ориентированное. Крыша здания собирает дождевую воду в специальный резервуар в центре музея, где она фильтруется и подается в водопровод. На крыше имеется амфитеатр, где можно наблюдать световые проекции на лепестках и лазерные шоу в ночное время. При проектировании сооружения сложной геометрии использовалось компьютерное моделирование стальных конструкций несущего каркаса и выполнялись необходимые расчеты [8]. Музей окружен бассейном с лотосами.

Торгово-развлекательный центр "*Caspian Waterfront Mall*" в Баку (Азербайджан) (рис. 11 цв. вклейки) запроектирован английской компанией "*Chapman Taylor*", архитекторы которой вдохновлялись Оперным театром в Сиднее с его оболочками, формирующими уникальный силуэт здания. Архитектурная форма здания центра напоминает цветок лотоса. Это крупное многофункциональное сооружение высотой 70 м. Особый интерес в его составе представляет водноспортивный комплекс с бассейном, в центре которого имеется платформа, которая является сценой для развлекательных представлений [9].

Крупнейший стадион Сяошань Арена в г. Ханчжоу, который в Китае считается «Цветочным городом», расположен в Олимпийском спортивном центре в парке на набережной реки Цянь Тан (рис. 12 цв. вклейки). Запроектировали стадион для проведения футбольных матчей в 2018 г. американские архитектурные компании *NBBJ* и *CCDI*. Сооружение будет построено к Азиатским играм 2022 г. Стадион удачно вписан в изгиб дельты реки Янцзы и обладает плавными формами, которые определяются мягким ландшафтом. Облик стадиона обращен к флоре, характерной для берегов Западного озера Ханчжоу, в частности к цветам лотоса. Основная чаша стадиона дополнена внешней оболочкой в виде лепестков лотоса [10].

Стадион «Эвергранд» в Гуанчжоу на 100 000 мест (2022 г.) также по форме напоминает гигантский цветок лотоса (рис. 13 цв. вклейки) как символ здоровья и возвращения к жизни. Современная архитектура Китая известна уникальными архитектурными произведениями. Новые стадионы Китая все чаще приобретают черты уникальных арт-объектов. Один из символов Гуанчжоу – цветок лотоса. Рядом с ним расположен культурный памятник – Лotosовые горы. «Несмотря на критику со стороны китайского архитектурного сообщества, которому не понравилась устаревшая материализация культурного стереотипа, большая часть видных специалистов поддержала проект, отметив, что он представляет масштабное олицетворение национальной культуры страны» [11]. Итак, в результате конкурса был выбран проект американского архитектора Хасана Сайеда (*Hasan Syed*) (отделение архитектурного бюро "*Gensler*" в Китае). Архитектор стремился в концепции конструктивного решения отразить живописную красоту природы (рис. 14 цв. вклейки). Но эта концепция в итоге приобрела иную форму, и стадион получил название «Корона Лотоса» (рис. 15 цв. вклейки) и ныне осуществляется строительством. Здесь форма лотоса носит более условный характер. Стадион, безусловно, станет еще одной достопримечательностью Китая.

Небезынтересно, что архитектура будущего архитекторами и художниками все чаще развивает бионическую концепцию и представляет зачастую футуристические сооружения в виде цветка лотоса (рис. 16 цв. вклейки). Подобный известный проект был выполнен британским архитектором болгарского происхождения Цветаном Тошковым (*Tsvetan Toshkov*), который создал проект «Небесного города» ("*City in the Sky*") – фантастического города лотосов, расположенного над



крупнейшими городами мира [12]. Он представляет собой воображаемый оазис с парками, прудами, клумбами, где жители могут отдохнуть от повседневной городской суеты. Лотосы возвышаются над загрязненной атмосферой городов и призваны олицетворять красоту и чистоту. Огромные «цветы», представляющие собой пространственно-стержневую сферу со светопрозрачным покрытием, заключают в себе разнообразные функции: жилую, деловую и общественную и дополняются зелеными рекреационными пространствами.

Не менее известны в настоящее время фантастические картины бельгийского архитектора Висента Каллебо (*Vincent Callebaut*), например, его концептуальный проект «Плавающий город» или «Лилупад» (рис. 17 цв. вклейки), который относится к бионической и экологической архитектуре будущего. Эти города-экополисы рассчитаны на 50 тыс. жителей. Они будут функционировать на природных источниках энергии (солнца, ветра и воды). Потребность в них может возникнуть, если на Планете начнется активное таяние ледников. Плавающий экополис может служить и в качестве объекта морского туризма. «Лилупад Сити» (*Lilypad City*) представляет собой искусственный плавающий остров диаметром 500 метров. В данных примерах проекты В. Каллебо напоминают цветы лотоса, часть которых находится под водой. Они представляют собой автономные многоуровневые структуры, которые могут перемещаться по мировому океану, полностью обеспечивая себя собственными ресурсами. Отходы будут перерабатываться и приносить пользу. Основой формы служит конструкция в виде двойной оболочки из полиэфирных волокон (из пластикового мусора в мировом океане), покрытых слоем диоксида титана для очистки от атмосферных загрязнений. Его футуристическая архитектура опирается на развитие новых технологий в отдаленной перспективе, а также на природу [13].

Обзор уникальных архитектурных произведений начала XXI века, воспроизводящих символы и метафоры природы в новейшей архитектуре, демонстрирует обращение авторов к красоте в архитектуре, которая свойственна искусству. Эти эстетические качества архитектурных произведений зародились еще в древности. Понятие красоты, ее каноны постоянно меняются. Понятия красота и искусство неразрывно связаны. Разные виды искусства всегда стремятся к красоте. И это можно наблюдать в архитектуре. Архитектор, создавая образные произведения, стремится к их совершенству. Совершенные формы природы всегда восхищают. Поэтому не случайно архитекторы пытаются воспроизвести аналогичные формы в своих творениях. Только делается это либо напрямую, либо на ассоциативном уровне. В настоящее время новейшая архитектура, находясь в состоянии полистилизма, одним из путей эстетизации архитектурной среды выбирает бионическую направленность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шуази, О. Архитектура Древнего Египта / О. Шуази. – Текст : непосредственный // История архитектуры. – Москва : Всесоюзная академия архитектуры, 1935. – Том 1. – С. 7-76.
2. Шичжун, Лю. История китайской живописи / Лю Шичжун ; перевод Г. Кучина. – Москва : Шанс, 2018. – 223 с. – ISBN 978-5-906892-75-1. – Текст : непосредственный.
3. Бедуайер Камилла де ла. Комфорт Тиффани. Лучшие произведения / Бедуайер Камилла де ла ; перевод Т. Г. Лисицына. – Москва : Арт-родник, 2010. – 200 с. – ISBN 978-5-404-00096-2. – Текст : непосредственный.
4. Храм Лотоса - arxbntrnjh Фариборз Сабха (Бахапур, Нью-Дели, Индия). – URL: // <https://delovoy-kvartal.ru/hram-lotosa-arh-fariborz-sabha-bahapur-nyu-deli-indiya/>. – Текст :



электронный.

5. Платонов, Н. Башня-лотос в Джайпур / Н. Платонов. – URL: [https:// thearchitect.pro/ru/news/4840-Bashnjalos_v_Dzhajpure](https://thearchitect.pro/ru/news/4840-Bashnjalos_v_Dzhajpure). – Текст : электронный.

6. В Чанджоу расцвел гигантский лотос. – URL: <http://archplatforma.ru/?act=2&tgid=2881&stchg=2>. – Текст : электронный.

7. Лотос – вдохновение в архитектуре. – URL: <https://blog-travushka.ru/lotos-vдохновение-v-arhitekture.html#toc-5>. – Текст : электронный.

8. Таланов, В. В. Bentley Systems в Сингапуре: как создавался Музей искусства и науки / В. В. Таланов. – URL: <https://ardexpert.ru/article/11156>. – Текст : электронный.

9. Новая жемчужина Баку. – URL: https://penetron.ru/news/novaya_gemchugina_baku 11 / 03 / 2020. – Текст : электронный.

10. Jenkins, Simon. Спортивный Парк Ханчжоу – Красивый Стадион в форме цветов в Китае / Simon_Jenkins. – URL: <https://rus.smarthomemaking.com/hangzhou-sports-park-is-a-beautiful-flower-shaped-stadium-in-china>. – Текст : электронный.

11. Для будущего стадиона-гиганта в Гуанчжоу утвердили новый проект. – URL: <https://varjag.net/dlya-budushhego-stadiona-giganta-v-guanchzhou-utverdili-novyyj-proekt>. – Текст : электронный.

12. Футуристический проект-оазис над мегаполисом. – URL. <https://novate.ru/blogs/020612/20836/>. – Текст : электронный.

13. Плавающие острова Aequorea от Винсента Каллебо. – URL: <https://grandengineer.ru/building-technologies/plavayushhie-ostrova-ot-vinsenta-kallebota>. – Текст : электронный.

ORELSKAYA Olga Vladimirovna, corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design

THE IMAGE OF A LOTUS FLOWER IN ARCHITECTURE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: olgalero2015@yandex.ru

Key words: modern architecture, history of architecture, unique buildings, symbol, metaphor, lotus.

The article deals with the appeal to a lotus shape in the course of development of the world architecture. This symbol is also reflected in the newest architecture, mainly in the countries of the East. An analytical review of unique architectural structures of various types in foreign countries at the beginning of the 21st century is given, the image of which evokes direct or indirect associations with the lotus flower.

REFERENCES

1. Shuazi O. Arkhitektura Drevnego Egipta [Architecture of Ancient Egypt] // Istoriya arkhitektury [History of architecture]. Moscow : Vsesoyuznaya akademiya arkhitektury, 1935. Vol. 1. P. 7–76.

2. Shichzhun Lyu. Istoriya kitayskoy zhivopisi [History of Chinese painting] / Perevod G. Kuchina. – Moscow : Shans, 2018, 223 p. – ISBN 978-5-906892-75-1.

3. Bedoyere Camilla de la. Komfort Tiffani. Luchshie proizvedeniya [The best works] / Perevod T. G. Lisitsyna. – Moscow : Art-rodnik, 2010. – 200 p. – ISBN 978-5-404-00096-2.

4. Khran Lotosa [Lotus Temple] – arkh. Fariborz Sahba (Bahapur, New-Delhi, India) URL: <https://delovoy-kvartal.ru/hram-lotosa-arh-fariborz-sabha-bahapur-nyu-deli-indiya/>.

5. Platonov N. Bashnya-lotos v Dzhaipure. [Lotus tower in Jaipur]. URL: https://thearchitect.pro/ru/news/4840-Bashnjalos_v_Dzhajpure.

6. V Chandzhou rastsvyol gigantskiy lotos. [A giant lotus blossomed in Changzhou]. – URL: <http://archplatforma.ru/?act=2&tgid=2881&stchg=2>.



7. Lotos – vdokhnovenie v arkhitekture [Lotus – inspiration in architecture]. – URL: <https://blog-travushka.ru/lotos-vdoxnovenie-v-arkhitekture.html#toc-5>.

8. Talanov V. V. Bentley Systems v Singapore: kak sozdavalsya Muzei iskusstva i nauki [Bentley Systems in Singapore: how the Museum of Art and Science was created]. – URL: <https://ardexpert.ru/article/11156>.

9. Novaya zhemchuzhina Baku [New pearl of Baku.]. URL: https://penetron.ru/news/novaya_gemchugina_baku_11_03_2020.

10. Jenkins Simon. Sportivny Park Khanchzhou – Krasivy Stadion v forme tsvetov v Kitae [Hangzhou Sports Park – Beautiful flower-shaped stadium in China]. URL: <https://rus.smarthomemaking.com/hangzhou-sports-park-is-a-beautiful-flower-shaped-stadium-in-china>.

11. Dlia buduschego stadiona-giganta v Guanchzhou utverdili novy proekt [A new project was presented for the future giant stadium in Guangzhou]. URL: <https://varjag.net/dlya-budushhego-stadiona-giganta-v-guanchzhou-utverdili-novyj-proekt>.

12. Futuristicheskii proekt-oasis nad megapolisom [Futuristic project-oasis above the metropolis]. URL: <https://novate.ru/blogs/020612/20836/>.

13. Plavayushchie ostrova Aequorea ot Vinsenta Kallebo [Floating islands of Aequorea by Vincent Callebo]. URL: <https://grandengineer.ru/building-technologies/plavayushhie-ostrova-ot-vinsenta-kallebota>.

© О. В. Орельская, 2022

Получено: 28.05.2022 г.

УДК 72.01:351.853.1(470.341)

А. В. ЛИСИЦЫНА, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования

УРОВНЕВЫЕ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ КАРКАСЫ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ)

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: av_lisitsyna@mail.ru

Ключевые слова: историко-культурный каркас, историко-культурный регион, малые и средние города, Нижегородское Поволжье.

Представлена авторская концепция уровневых историко-культурных каркасов – разномасштабных ступенчатых структур, которые коррелируют с регионом, городом, историческим центром города, отдельным городским пространством. На каждом из этих уровней последовательно реализуется потенциал культурного наследия. Высказанное теоретическое положение соотносено с понятием историко-культурного региона и раскрыто на примере системы малых и средних городов Нижегородского Поволжья с центром в Нижнем Новгороде.

Одно из направлений современных теоретических разработок, посвященных историческим городам, связано с их изучением в сложившихся системах расселения. Концепции сохранения культурного наследия на уровне территориального планирования выдвигались уже в 1970-е гг. [1, с. 165]. Их жизнеспособность демонстрирует ставшее известным в мире брендом Золотое кольцо России:



исторические города Северо-Восточной Руси с центром во Владимире и Суздале, объединенные сетью туристских маршрутов, «работают» как межрегиональная общность, что, несомненно, благоприятствует развитию каждого отдельно взятого города.

В начале 2010-х гг. авторским коллективом ЦНИИП градостроительства проведено исследование по теме «Основные положения формирования историко-культурного каркаса Российской Федерации» (руководитель – С. К. Ремаз). Авторы этой работы ввели понятие историко-культурного каркаса региона, под которым понимается «территориальная система, состоящая из иерархически ранжированных элементов и связей между ними, в которой элементами (узлами) являются места концентрации объектов различных видов наследия, а связями – современные и исторические дороги, в том числе железные дороги и водные пути» [2, с. 21].

Учитывая принципиальный теоретико-методологический характер данного исследования, охватывающего территорию всей страны и сосредоточенной на культурном наследии федерального значения, представляется необходимым развивать и конкретизировать его на уровне отдельных регионов. Однако речь должна идти не об административных территориальных единицах, а об историко-культурных регионах, которым свойственна экстерриториальность, то есть превалирование экономических, географических, этнокультурных факторов над административными (поскольку административные границы далеко не всегда могут отождествляться с границами культурных явлений). По определению О. Г. Севан, «под историко-культурным регионом понимается территория, район, характеризующийся общностью природных, этно-территориальных, исторических, градостроительных, архитектурно-пространственных параметров и соответствующий определенному временному периоду сложения этноса или иной территориальной общности людей» [3, с. 123].

Нижегородское Поволжье, рассматриваемое в этом ракурсе, – обширный историко-культурный регион, включающий систему горсдов и поселений с центром в Нижнем Новгороде, крупнейшем нестоличном городе Европейской России на слиянии великих рек Волги и Оки. Принимая во внимание мощное экономическое и культурное влияние такого центра, а также условность административных границ, их периодическую изменчивость во времени, территория Нижегородского Поволжья трактуется более широко, чем современная территория Нижегородской области.

Моноцентрическая территориально-пространственная система Нижегородского Поволжья имеет условную радиально-кольцевую структуру и включает три концентрических пояса малых и средних городов, сгруппированных по степени удаленности от Нижнего Новгорода: «внутренние» города (до 100 км, на территории Нижегородской области) – Арзамас, Балахна, Богородск, Большое Мурашкино, Горбатов, Городец, Лысково, Павлово, Семенов; «пограничные» города (100–250 км, вблизи границ Нижегородской области) – Ветлуга, Выкса, Гороховец, Муром, Юрино, Юрьевец, Ядрин; «внешние» города (250–300 км, за пределами Нижегородской области) – Алатырь, Вязники, Касимов, Кинешма, Козьмодемьянск. Рассмотрение последней группы городов обусловлено необходимостью определения ареала влияния Нижнего Новгорода, своего рода «силового поля» этого крупного центра (рис. 1 цв. вклейки). Историко-культурные границы Нижегородского Поволжья определены с учетом зон влияния соседних больших городов: Костромы, Владимира, Иванова – на западе; Рязани, Саранска,



Ульяновска – на юге; Казани, Чебоксар, Йошкар-Олы – на востоке.

Территориально-пространственный потенциал культурного наследия региона не исчерпывается его центром (большим, крупным, крупнейшим городом); он захватывает также малые и средние исторические города. Согласно авторской гипотезе, потенциал наследия региона (то есть обусловленную его наличием совокупность средств и возможностей для развития) можно представить в виде уровневых историко-культурных каркасов (ИКК) – разномасштабных ступенчатых структур, своего рода пространственно-временных карт, которые соотносятся с определенными территориально-пространственными уровнями, связанными друг с другом по «принципу матрешки»: 1) ИКК региона как совокупности городов и поселений; 2) ИКК города; 3) ИКК исторического центра города; 4) ИКК отдельного городского пространства. Между ИКК разных уровней существуют устойчивые системные взаимосвязи: компонент более высокого уровня представляет собой комбинацию компонентов следующего уровня (рис. 2 цв. вклейки). Гипотеза коррелирует с предложенной А. Л. Гельфонд концепцией пространственных каркасов исторического поселения, где историко-культурный каркас являет собой один из слоев градостроительного (урбанизированного) каркаса, «многослойной пространственной паутины из нескольких структур с разными доминантами» [4, с. 121].

Уровневые ИКК обнаруживают тесную связь с историко-архитектурной средой городов и поселений, которую отличает присутствие следов прошлого, времени как «четвертого измерения» [5, с. 113]. Уровневые ИКК являются неотъемлемой принадлежностью историко-архитектурной среды; среда же, в свою очередь, встраивается в систему ИКК на уровнях города, исторического центра, отдельных городских пространств. Здесь находит отражение потенциал историко-архитектурной среды, включающий составляющие функции, конструкции и формы (по А. Л. Гельфонд), – функциональный (типологический), конструктивный (морфологический), композиционно-художественный (образно-стилистический) потенциал [6, с. 137–138].

Рассмотрим четыре пространственных уровня ИКК малых и средних городов региона (рис. 3 цв. вклейки).

ИКК региона – комбинация узлов и связей, где узлами являются места концентрации культурного наследия (крупнейший или крупный город, большие, средние, малые города, поселки, села, деревни), а связями – исторически сложившиеся и современные коммуникации – водные (реки) и сухопутные (шоссейные и железные дороги). Характер ИКК региона определяет различная «мощность» узлов и их взаимное расположение, существующие и потенциальные связи между ними.

ИКК города – совокупность городских территорий, сохранивших историко-архитектурную среду и связанных друг с другом коммуникациями (дорогами и улицами). Это исторический центр и локальные исторические территории в составе новых районов (бывшие села и деревни, вошедшие в городскую черту, пригородные монастыри, старинные промышленные комплексы, некрополи). Характер ИКК города обусловлен местом исторического центра в существующей градостроительной структуре, наличием других территорий с объектами культурного наследия, их размещением, внешними визуальными связями (общегородскими панорамами).

ИКК исторического центра города, под которым понимается территория в границах начала XX в., – совокупность открытых городских пространств (улиц,

К СТАТЬЕ А. В. ЛИСИЦЫНОЙ «УРОВНЕВЫЕ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ КАРКАСЫ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ)»

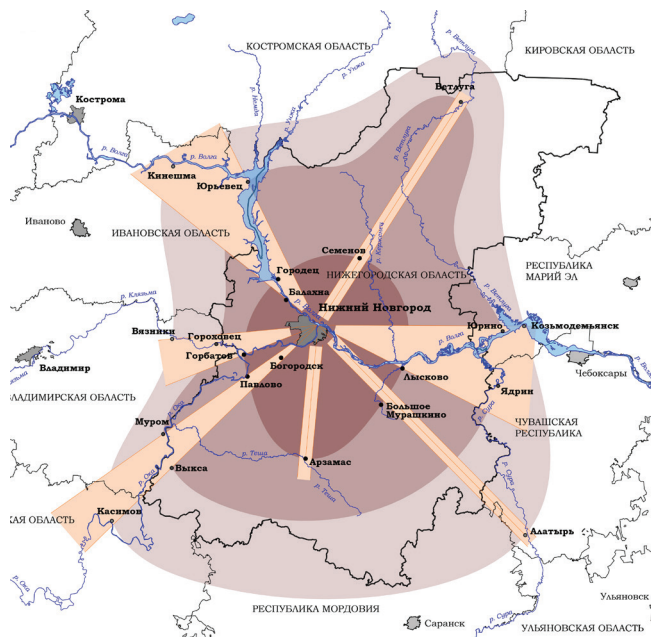


Рис. 1. Территориально-пространственная структура Нижегородского Поволжья: «внутренние», «пограничные», «внешние» города

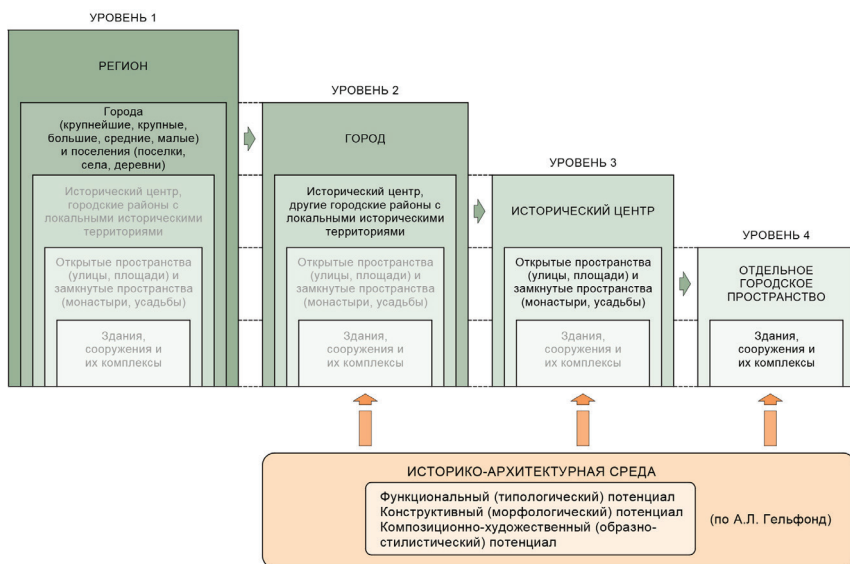
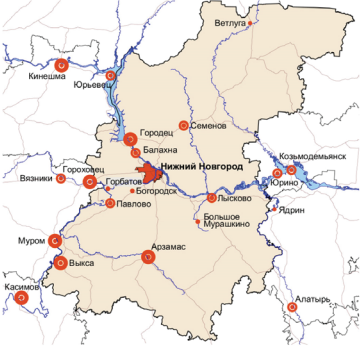


Рис. 2. Система уровней историко-культурных каркасов городов региона

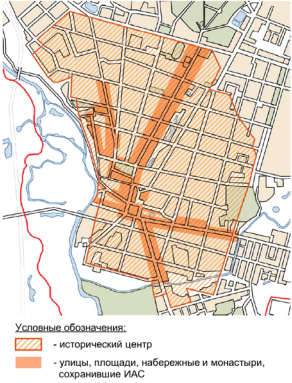
Уровень 1. Города Нижегородского Поволжья



Уровень 2. Город Кинешма



Уровень 3. Исторический центр Арзамаса



Уровень 4. Улица Ленина в Городецце



Никольский монастырь в Арзамасе

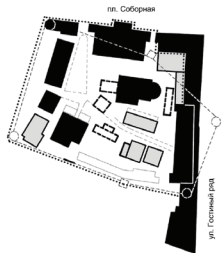


Рис. 3. Уровневые историко-культурные каркасы городов региона

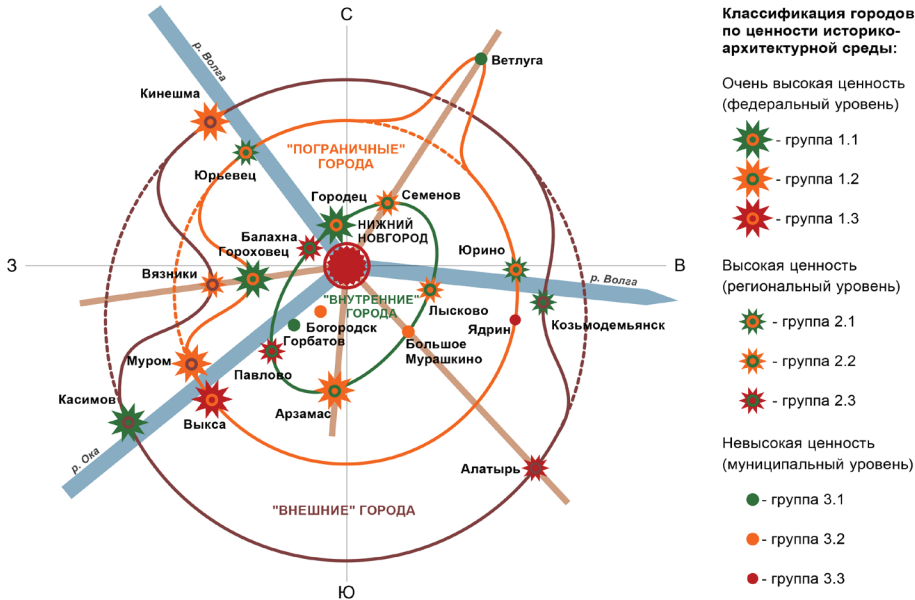


Рис. 4. Историко-культурный каркас Нижегородского Поволжья



набережных, площадей, парков), а также относительно замкнутых пространств (монастырей, крупных усадеб, промышленных предприятий), сохранивших историко-архитектурную среду и образующих непрерывную «сеть» маршрутов, насыщенных ценными материальными объектами и информацией об историческом развитии территории. Характер ИКК исторического центра определяется взаимным расположением и конфигурацией городских пространств, в наибольшей степени насыщенных объектами культурного наследия, внутренними визуальными связями (локально-городскими перспективами).

ИКК отдельного городского пространства (открытого или с замкнутым периметром) – совокупность зданий и сооружений, в том числе объектов культурного наследия, связанных друг с другом взаимным размещением, определенными соотношениями объемов и пространств, образующих композиционную, морфологическую и стилевую общность разной степени целостности. Характер ИКК отдельного городского пространства определяют здания и сооружения, природные элементы (вода, рельеф, массивы зелени), локальные перспективы и виды (картины).

В территориально-пространственной системе Нижегородского Поволжья с центром в Нижнем Новгороде большинство узлов ИКК образуют малые и средние города, сохранившие историко-архитектурную среду (рис. 4 цв. вклейки). Историко-культурный регион имеет центрическую радиально-кольцевую структуру с ярко выраженным смещением центра в западном направлении. В междуречье Волги и Оки с западной стороны от Нижнего Новгорода ИКК региона наиболее плотен. Здесь его узлы располагаются близко друг к другу и находятся в пересекающихся зонах влияния крупнейших, крупных и больших городов с давними культурными традициями – Нижнего Новгорода, Владимира, Костромы, Рязани. Малые и средние города, расположенные на этой территории, имеют наиболее высокую ценность историко-архитектурной среды, что характеризует их как самых «мощных» узлов ИКК Нижегородского Поволжья. С восточной стороны от Нижнего Новгорода плотность ИКК уменьшается, его узлы тяготеют к Волге; в северном, северо-восточном и юго-восточном направлениях эта плотность минимальна.

На уровне ИКК города отметим множественность исторических территорий, обусловленную спецификой развития ряда малых и средних городов Нижегородского Поволжья. В Городце сложилась полицентрическая, «очаговая» структура, включающая около пятнадцати небольших слободок, деревень и починков, которые возникли вокруг старого городища XII в. и образовали единый торгово-промышленный район. В Выксе в километре к востоку от исторического ядра вырос ансамбль Иверского женского монастыря, представляющий собой отдельный городок. В речной панораме Кинешмы исторический центр окружают комплексы крупных текстильных фабрик рубежа XIX – XX вв. с поселками для рабочих. В ИКК Муроме особую роль играют старинное село Карачарово и усадьба Уваровых, расположенные к югу от исторического центра. В Балахне важными звеньями ИКК являются соцпоселки 1920-х гг., построенные рядом с предприятиями советской индустрии.

Исторические центры рассматриваемых городов представлены как линейными, так и компактными структурами. Большинство из них имеют в своей основе планировку конца XVIII – начала XIX вв. с прямоугольной сетью улиц. Специфику Арзамаса составляют два встречных трехлучия протяженных прямых улиц, сходящихся к соборной и торговой площадям. Семенов привлекает внимание



практически идеальной центрической структурой из пяти площадей, соединенных ортогональными и диагональными улицами. В планировках Балахны, Гороховца, Юрьевца, Козьмодемьянска органично сочетаются регулярное и живописное начала. Особый интерес представляют средневековые нерегулярные структуры Городца, Павлова, Богородска, Юрина, не имевших в прошлом городского статуса и не подвергнутых перепланировке на регулярной основе.

Зримым выражением ИКК исторического центра города выступают традиционные архитектурные доминанты (церковные здания и комплексы), выявляющие и закрепляющие главные планировочные узлы. В городах Нижегородского Поволжья это образцы архитектуры второй половины XVII в., барокко, классицизма, эклектики (русского стиля).

ИКК открытых городских пространств формируют здания начала XIX – начала XX вв., поставленные вдоль красных линий застройки, с интервалами по отношению друг к другу. Это небольшие малоэтажные (один-три этажа) объемы, завершенные скатными крышами. Среди них преобладают жилые здания – каменные и каменно-деревянные жилые дома мещан и купцов либо традиционные для сельской местности деревянные крестьянские избы. Немногочисленные общественные здания в формах провинциального классицизма, эклектики и модерна выполняют роль акцентов второго порядка, организующих застройку наряду с доминантами. Исторический облик сохранили улицы Гостиный Ряд и Карла Маркса в Арзамасе, Андрея Рублева и Ленина в Городце. Выразительные ансамбли главной площади сложились в Арзамасе и Касимове. Целостные комплексы набережных имеются в Городце, Гороховце, Касимове, Козьмодемьянске. Примечательны и отдельные архитектурные ансамбли: монастыри Муром и Гороховца, усадьба Баташевых в Выксе, замок Шереметевых в Юрине и другие. Общее количество объектов культурного наследия (включая выявленные) в рассматриваемых малых и средних городах Нижегородского Поволжья весьма велико – 1180 единиц.

Итак, с точки зрения теории, уровневые ИКК формируют своего рода матрицу, позволяющую представить общую картину архитектурно-градостроительного развития обширной территории региона и его узловых точек – городов и поселений – на протяжении длительного исторического времени. Практическая значимость концепта уровневых ИКК – в выявлении наиболее ценных в историко-культурном аспекте городских территорий, обосновании в их границах особого регулирования градостроительной и хозяйственной деятельности, разработке стратегий ревитализации историко-архитектурной среды, организации тематических туристских маршрутов для различных целевых групп населения.

Частично накладываясь друг на друга, ИКК российских регионов в совокупности образуют единый ИКК страны, который отражает потенциал ее культурного наследия. В свете этого историко-архитектурную среду малых и средних городов Нижегородского Поволжья правомерно и необходимо рассматривать в качестве полноценной составляющей культурного достояния России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Памятники архитектуры в структуре городов СССР / ЦНИИ теории и истории архитектуры; Под ред. А. В. Иконникова, Н. Ф. Гуляницкого. – Москва : Стройиздат, 1978. – 208 с.
2. Регамэ, С. К. Историко-культурный каркас России. Подход к выявлению / С. К. Регамэ, К. Б. Маркус // Градостроительные проблемы охраны наследия : сб. материалов науч.-практ.

конф. НИИТИАГ РААСН, октябрь 2012 г. Вып. 2 / НИИТИАГ РААСН; сост., отв. ред. Э. А. Шевченко. – Санкт-Петербург : Зодчий, 2013. – С. 20–33.

3. Севан, О. Г. Историко-культурные регионы: выявление особенностей и границ на основе изучения народной региональной архитектуры / О. Г. Севан // Архитектура мира : материалы 2 междунар. конф. «Запад – Восток : взаимодействие традиций в архитектуре» : сб. ст. Вып. 2 / ВНИИТАГ ; под ред. Н. Смолиной. – Москва : Architectura, 1993. – С. 122–127.

4. Гельфонд, А. Л. Эволюция общественных пространств исторического поселения (на примере Нижнего Новгорода) / А. Л. Гельфонд // Вестник ВРО РААСН : сб. науч. тр. Вып. 17 / Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2014. – С. 121–130.

5. Иконников, А. В. Искусство, среда, время (Эстетическая организация городской среды) / А. В. Иконников. – Москва : Сов. худож., 1985. – 336 с.

6. Гельфонд, А. Л. Город у реки. Идентичное и глобальное / А. Л. Гельфонд // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2017. – № 4. – С. 137–141.

LISITSYNA Aleksandra Vladislavovna, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design

LEVEL HISTORICAL AND CULTURAL FRAMEWORKS OF SMALL AND MEDIUM-SIZED CITIES (BY THE EXAMPLE OF THE NIZHEGORODSKOE POVOLZHE REGION)

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: av_lisitsyna@mail.ru

Key words: historical and cultural framework, historical and cultural region, small and medium-sized cities, Nizhegorodskoe Povolzhe region.

The article presents the author's concept of level historical and cultural frameworks, i.e. multi-scale stepped patterns that correlate with a region, a city, a historical city center, and a separate urban space. The potential of cultural heritage is consistently realized at each of these levels. The stated theoretical position is correlated with the concept of a historical and cultural region and showed by the example of the small and medium-sized cities system (Nizhegorodskoe Povolzhe region) with the center of Nizhny Novgorod.

REFERENCES

1. Pamyatniki arkhitektury v strukture gorodov SSSR [Architecture monuments in the structure of cities in the USSR]. TsNII teorii i istorii arkhitektury; pod red. Ikonnikova, N.F. Gulyanitskogo. – Moscow, Stroyizdat, 1978, 208 p.

2. Regame S. K., Markus K. B. Istoriko-kulturny karkas Rossii. Podkhod k vyyavleniyu [Historical and cultural frame of Russia. Approach to detection]. Gradostroitelnye problemy okhrany naslediya [Urban planning problems of heritage protection]: sb. materialov nauch.-prakt. konf. NIITIAG RAASN, oktyabr 2012 g. Vyp. 2; sost., отв. ред. E. A. Shevchenko. – Saint-Petersburg, Zodchiy, 2013. P. 20–33.

3. Sevan O. G. Istoriko-kulturnye regiony: vyyavlenie osobennostey i granits na osnove izucheniya narodnoy regionalnoy arkhitektury [Historical and cultural regions: identification of features and boundaries based on the study of folk regional architecture]. Arkhitektura mira : materialy 2 mezhdunarodnoy konferentsii "Zapad – Vostok : vzaimodeystvie traditsiy v arkhitekture" [World Architecture: Proceedings of the 2nd International Conference "West – East: the interaction of traditions in architecture"]. Moscow, Architectura, 1993, Vol. 2. P. 122–127.



4. Gelfond A. L. Evolyutsiya obshchestvennykh prostranstv istoricheskogo poseleniya (na primere Nizhnego Novgoroda) [The evolution of a historical settlement public spaces (on the example of Nizhny Novgorod)]. Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk : sbornik nauchnykh trudov [Bulletin of the Volga Regional Branch of the Architecture and Building Sciences Russian Academy: collection of scientific papers]. Nizhny Novgorod, Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t, 2014, Vol. 17. P. 121–130.

5. Ikonnikov A. V. Iskusstvo, sreda, vremya (Esteticheskaya organizatsiya gorodskoy sredy) [Art, environment, time (Aesthetic organization of the urban environment)]. Moscow, Sovetskiy khudozhnik, 1985, 336 p.

6. Gelfond A. L. Gorod u reki. Identichnoe i globalnoe [The city on the river. Identical and global]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017, № 4. P. 137–141.

© А. В. Лисицына, 2022

Получено: 20.06.2022 г.

УДК 72.04.03

**Е. Ю. АГЕЕВА, д-р филос. наук, проф. кафедры архитектуры; А. А. ОСКИРКО,
ст. преп. кафедры технологии строительства**

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ «ОБРАЗЦОВОЙ» ЗАСТРОЙКИ В ПРОВИНЦИАЛЬНЫХ ГОРОДАХ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-74;
эл. почта: anoskirko@yandex.ru

Ключевые слова: жилая городская застройка, «образцовая» застройка провинциальных городов, «образцовые» фасады, этапы формирования развития «образцовой» застройки.

Рассмотрены и обобщены общие этапы развития типового проектирования исторической городской жилой застройки с использованием «образцовых» проектов. Высокому художественному качеству исторического типового проектирования первой половины XIX века способствовало то, что в разработке типовых «образцовых» проектов участвовали крупнейшие зодчие того времени. Изначально использование «образцовых» проектов носило рекомендательный характер, но уже к 1809–1812 годам оно становится обязательным. Авторами предложены и охарактеризованы три основных этапа развития «образцовой» застройки в провинциальных городах России в период с XVIII по XIX вв. Отмечено большое влияние петербургских зодчих на застройку провинциальных городов России.

Принято считать, что одним из ключевых показателей жизненного уровня населения и достижений государства является развитие городского хозяйства, где строительство выступает одной из важнейших его отраслей. Сохранившиеся от прежних времен архитектурные объекты и их композиционное размещение позволяет создать объективную картину государственной политики и ее практическую реализацию. Градостроительная деятельность представляет из себя одну из мало разработанных историками тем.

Актуальность темы неизмеримо возрастает, когда она имеет свое продолжение в современных условиях. Чтобы понять тенденции развития города, в том числе



малоэтажной городской застройки, и продолжить их развитие в правильном направлении, необходимо подробно изучать историю его становления. Исторический подход, гармоничная связь времен позволяют выбрать ориентиры будущего развития общества.

Этапом возникновения типового проектирования и строительства по «образцовым» проектам в России считают начало XVIII века. Этому предшествовал значительный отечественный опыт.

В русской практике издавна существовала традиция строить по указанному образцу. Этот многовековой обычай относился к уникальным сооружениям и к рядовым зданиям. Повторность и известная однотипность зданий: жилых домов и изб, одностолпных трапезных, монастырских келий, торговых лавок, гостиных дворов и других построек многократно встречаются в русской архитектуре жилой застройки городов России начиная с XVI и XVII веков [1].

Именно это послужило основой создания идеи «образцовых» проектов. «Образцовые» проекты вначале применялись при строительстве Санкт-Петербурга и чуть позднее Москвы.

Со второй половины XVIII века «образцовые» проекты жилых домов и разработка на их основе типовых планировок кварталов и площадей в провинциальных городах России постепенно начинают применяться на массовой основе. Рассмотрим основные этапы развития «образцовой» застройки в провинциальных городах России.

Если первые альбомы «образцовых» проектов были разработаны в 1714–1737 гг., то в провинцию они стали проникать только в конце 1780-х годов. Именно в этот период начался переход по составлению планов многих городов. Осуществление в широком масштабе работ по составлению планов городов началось с 1763 года, то есть со времени издания указа «О сделании всем городам, их строению и улицам специальных планов по каждой губернии особо». Указ мотивировался тем, что «доныне всем в России по губерниям и провинциям лежащим городам специальных планов еще не сделано...» [2].

Непосредственным поводом к изданию этого указа явилась необходимость восстановления сгоревшей в 1763 году Твери, когда выяснилось, что город не имеет зафиксированного в чертеже плана.

Создание новых планов городов побудило проектировщиков к изысканию способов осуществления их регулярной застройки. При разобщенности отдельных районов страны, недостаточном количестве подготовленных кадров, ограниченности материальных средств у большинства населения единственным способом, при помощи которого можно было достигнуть каких-либо результатов, было единообразие в приемах проектирования, использование в строительстве проверенных практикой образцов и введение их в качестве типовых. Особенно важным толчком это послужило для градоформирования провинции России.

Однотипность композиционных приемов, характерная для регулярных планов городов, применялась и при разбивке кварталов, улиц, площадей, при проектировании административных, общественных и жилых зданий.

Рядовые жилые дома рассматривались как часть ансамблевой застройки города. Градостроительный подход при проектировании жилой застройки отвечал представлению о регулярности, т. е. тому идеалу упорядоченного, рационального города, к которому стремились зодчие классического направления в русской архитектуре. Вместе с тем подобные взгляды на жилую застройку свидетельствовали о стремлении подчинить государству интересы частных

владельцев. Все эти изменения в провинциальных городах нашей страны происходили вслед за Петербургом и Москвой. Преображение старых форм жизни сказывалось в новом, регулярном принципе разбивки участков, кварталов, в новых типах рядового жилого дома, обращенного к улице и формирующего ее застройку.

Было предложено 8 проектов жилых домов: 5 для каменных и деревянных жилых зданий и 3 для каменных с лавками [2]. Данные проекты представлены на рис. 1–4.

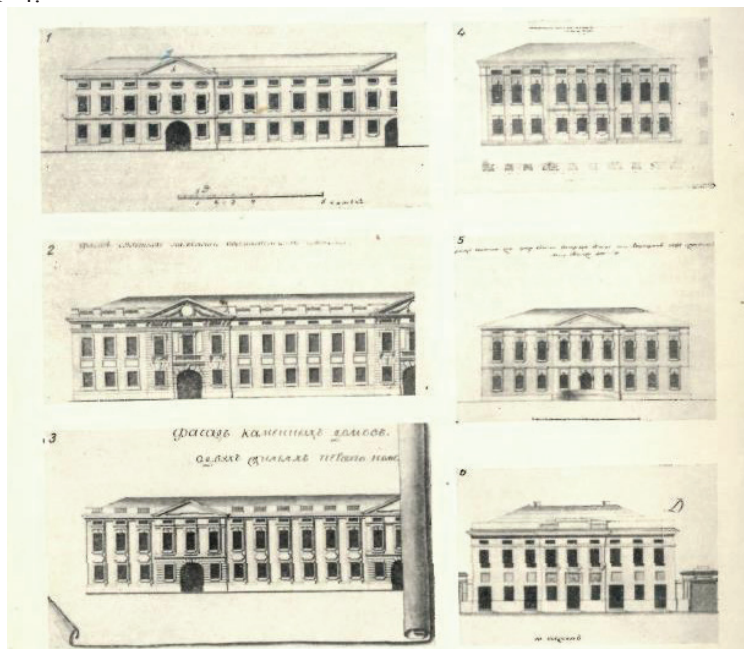


Рис. 1. «Образцовый» проект № 1 и его варианты, 1760-1780-е гг. [2]

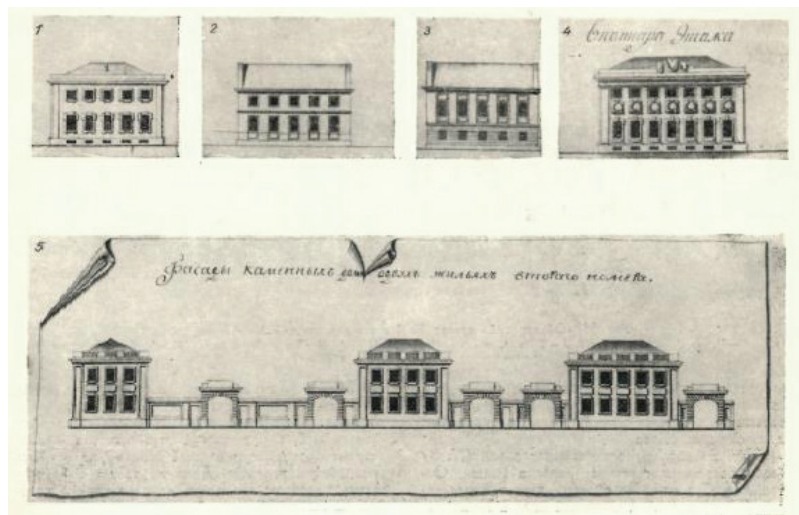


Рис. 2. «Образцовый» проект № 2 и его варианты [2]

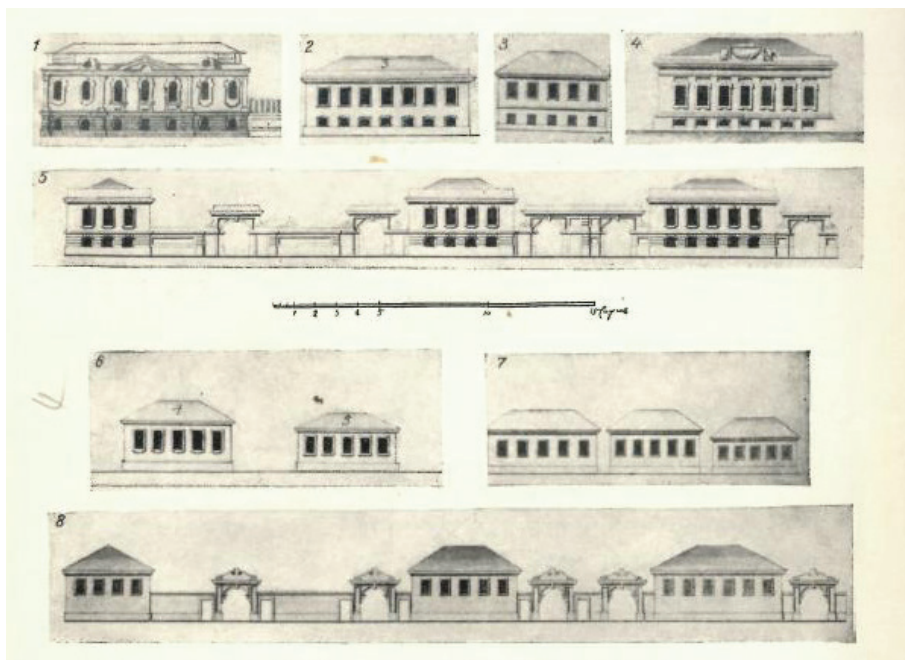


Рис. 3. «Образцовые» проекты № 3, 4, 5 и их варианты [2]

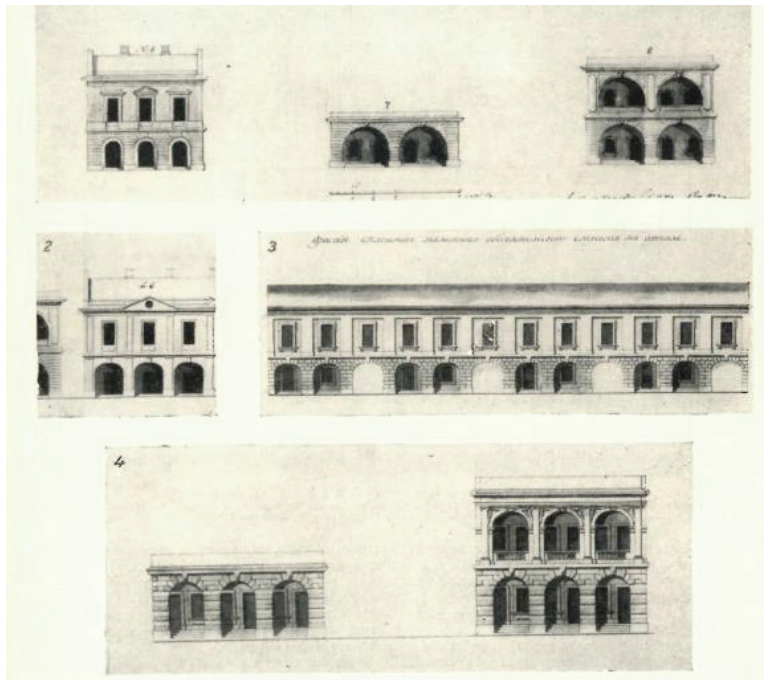


Рис. 4. «Образцовые» проекты № 6, 7, 8 и их варианты [2]



Следующим активным этапом развития «образцовой» застройки является период с 1806 г. по 1840 г. В это время уже было утверждено 111 планов провинциальных городов. «Образцовые» проекты жилых домов второй половины XVIII века, сводившиеся к восьми типам, среди которых совсем не было образцов домов для малоимущих слоев населения, не могли удовлетворить потребности всех застройщиков. В то же время допускаемая свобода использования «образцовых» проектов приводила к утрате принципов «регулярства» в жилой застройке. Не менее остро ощущался недостаток в «образцовых» проектах казенных зданий. Предусмотренная еще в XVII веке утвержденными планами застройка центров многих городов оставалась и в начале XIX века не осуществленной.

В этот период «для облегчения строителей в составлении планов и фасадов» правительством была организована разработка и издание «образцовых» чертежей многих видов казенных и частных домовладений. Чертежи рассылали по губерниям, чтобы «оние служили руководством не только при постройке новых, но и при переделке старых зданий, где удобность позволит».

При сооружении новых строений не разрешалось «делать от сих образцовых чертежей ни малейших отступлений».

«Образцовые» проекты – собрания альбомов, которые выпускались как приложения к Полному собранию законов. Изначально 1803 году были изданы «образцовые» проекты казенных зданий, в 1809 – «образцовые» проекты фасадов жилых домов, в 1811 – жилых домов, в 1819 – проекты станционных домов, в 1824 – церквей, в 1828 – тюремных зданий, присутственных мест и домов вице-губернаторов, в 1830 – проекты на «устройство селений», и в 1831 – проекты почтовых домов [3].

В это же время были установлены цвета для окраски фасадов и крыш зданий, разработаны и изданы в виде указов правила для постройки обывательских домов, правила для составления смет, урочные положения и строительные уставы.

Состав «образцовых» проектов для казенных зданий и для жилых домов был различным. «Образцовые» проекты казенных зданий имели более тщательную проработку в отличие от проектов жилых домов: их состав ограничивался лишь фасадом, оставляя решение по плану этажей на усмотрение хозяина. В дальнейшем в провинции в практике строительства несколько типизировался план для небольшого одноэтажного жилого дома, обычно же при сооружении многоэтажных домов, которыми застраивались главным образом Петербург и Москва, план дома разрабатывался индивидуально, и архитектору надлежало увязать его с одним из «образцовых» проектов фасада.

Основной особенностью «образцовых» проектов первой половины XIX века было то, что они создавались с учетом застройки провинциальных городов в целом и предусматривали самых различных по имущественному цензу застройщиков. Новым в развитии типового строительства в это время являлось его многообразие. В отличие от «образцовых» проектов XVIII века «образцовые» проекты фасадов жилых домов, выпущенные за период с 1809 по 1812 гг., были разработаны и собраны в виде серии проектов, в которую входили дома, различные по этажности, размеру, внешнему оформлению и по возможному расположению на улице. Появились так называемые угловые дома, дома по фронту улицы, дома, расположенные в глубине участка, дома с флигелями и т. д. Чтобы не было отклонений от принятых образцов, был издан ряд законов, направлявших деятельность местных архитекторов; так, например, устанавливались правила построения фасадов, нормы высоты кровель в зависимости от ширины дома, высоты и длины деревянных жилых домов,



разрывы между домами и т. п.

Правительство придавало большое значение централизации руководства как государственным, так и частным строительством по типовым проектам, а также благоустройством городов. Для этой цели в Министерстве внутренних дел в 1806 году появился специальный Строительный комитет, который занимался регулированием и утверждением застройки городов России.

Министерство внутренних дел разработало правила, согласно которым планы и сметы любого казенного здания провинциальных городов перед постройкой или перестройкой отправлялись в Петербург в Строительный стол при Министерстве для согласования их с «образцовыми» планами. По мере необходимости для экспертизы в Комитет могли быть приглашены «знаниями своими отличные архитекторы из находящихся по разным ведомствам в столице, при этом они обязаны не отказать от такового приглашения и содействовать своими советами». Особо сложные и нетипичные случаи рассматривались Комитетом совместно с Академией художеств.

Высокому художественному качеству типового проектирования первой половины XIX века способствовало и то, что в разработке типовых «образцовых» проектов участвовали крупнейшие зодчие того времени.

«Образцовые» проекты жилых домов 1809–1812 годов были обязательными для строительства. Это обстоятельство, наряду с высокой градостроительной дисциплиной, создало благоприятные условия для осуществления в застройке провинциальных городов России первой половины XIX века целостных архитектурных ансамблей с применением типовых проектов [4, 5].

В первой половине XIX века градостроительные требования были главной причиной применения типовых проектов, потому что при отсутствии индустриализации в строительстве другие соображения в то время не имели большого значения.

Таким образом, маститые петербургские зодчие могли оказывать влияние на застройку городов России, повышая художественный уровень их архитектуры, и можно выделить третий этап распространения «образцовых» проектов – это выпуск новых альбомов «образцовых» проектов 1840–1842 гг. В провинциальных городах России дома по этим проектам строились до конца XIX века. Типовое проектирование не противоречило художественному единству классической архитектуры, оно сыграло также положительную роль в формировании застройки многих провинциальных городов того времени [6]. Этому этапу свойственно более вольное обращение с «образцовыми» проектами: местные зодчие вводили новые декоративные элементы, не строго следовали исходному образцу, иногда по просьбе заказчиков появлялись элементы народного зодчества, но общий гармоничный строй «образцовых» проектов оставался неизменным, что создавало достойную городскую застройку. Видно, что с течением времени стилистика классицизма менялась и уже во многих «образцовых» проектах к концу XIX века появляются черты эклектики, что лишь придало черты индивидуальности типовым решениям.

Перечисленные три этапа развития «образцовой» застройки в провинциальных городах России полностью остановили и упорядочили стихийное строительство жилых и общественных зданий.

Интересным является и то, что «образцовая» городская застройка может быть актуальной и по сей день [7], не только как объект архитектурного наследия, который необходимо сохранять, но и как часть уникального для создания гармоничного облика улиц в современной малоэтажной застройке.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ожегов, С. С. Типовое и повторное строительство в России в XVIII–XIX вв. / С. С. Ожегов. – Москва : Стройиздат, 1984. – 168 с. – Текст : непосредственный.
2. «Образцовые» проекты в жилой застройке русских городов XVIII–XIX вв. / Е. Белецкая, Н. Крашенинникова, Л. Чернозубова, И. Эрн. – Москва : Госстройиздат, 1961. – 206 с. – Текст : непосредственный.
3. Бабинович, Н. У. «Образцовое» строительство в городах России и Томске / Н. У. Бабинович, Е. В. Ситникова. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Том 22, № 5. – С. 25–35.
4. Собрание фасадов Его Императорского Величества, высочайше апробированных для частных строений в городах Российской империи. – Санкт-Петербург : [б. и.], 1809. – Ч. I, II. – Текст : непосредственный.
5. Собрание фасадов Его Императорского Величества, высочайше апробированных для частных строений в городах Российской империи. – Санкт-Петербург : [б. и.], 1812. – Ч. III, IV. – Текст : непосредственный.
6. Агеева, Е. Ю. Особенности жилой застройки улицы Телячьей в Нижнем Новгороде XIX века / Е. Ю. Агеева, А. А. Оскирко. – Текст : непосредственный // Градостроительство и архитектура. – 2022. – Том 12, № 2. – С. 48–53.
7. Ageeva, E. Y. Application of the Experience of the “Exemplary Facades” of the XIX Century in Order to Harmonize Modern Cottage Buildings. Architectural, Construction, Environmental and Digital Technologies for Future Cities / E. Y. Ageeva, A. A. Oskirko, Y. V. Abrosimova // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – Vol. 227. – P. 1–13.

AGEEVA Elena Yurevna, doctor of philosophic sciences, professor of the chair of architecture; OSKIRKO Anastasiya Alekseevna, senior teacher of the chair of construction technology

STAGES OF FORMATION OF "EXEMPLARY" DEVELOPED TERRITORY IN THE PROVINCIAL CITIES OF RUSSIA

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: anoskirko@yandex.ru

Key words: residential urban development, "exemplary" development of provincial cities, "exemplary" facades, stages of formation of "exemplary" developed territory.

The article considers and summarizes general stages of development of a typical design of a historical urban residential area using "exemplary" projects. The high artistic quality of the historical typical design of the first half of the 19th century was achieved by the fact that the most famous architects of that time participated in the development of the typical "exemplary" projects. Initially, the use of the "exemplary" projects was advisory in nature, but by 1809–1812 it became mandatory. The authors propose and characterize three main stages in the development of "exemplary" building in the provincial cities of Russia in the period from the 18th to the 19th centuries. The great influence of St. Petersburg architects on the development of provincial cities of Russia was noted.

REFERENCES

1. Ozhegov S. S. Tipovoe i povtornoie stroitelstvo v Rossii v XVII–XIX vv. [Typical and repeated construction in Russia in the XVIII–XIX centuries]. – Moscow: Stroyizdat, 1984. – 168 p.



2. Beletskaya E., Krashenninnikova N., Chernozubova L., Ern I. "Obraztsovye" proekty v zhiloy zastroyke russkikh gorodov XVIII–XIX vv. ["Exemplary" projects in the residential development of Russian cities of the 18th–19th centuries]. – Moscow: Gosstroyizdat, 1961. – 206 p.
3. Babinovich N. U., Sitnikova E. V. "Obraztsovoe" stroitelstvo v gorodakh Rossii i Tomske [Model construction in Russian cities and Tomsk]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2020. Vol. 22. № 5. P. 25–35.
4. Sobranie fasadov Ego Imperatorskogo Velichestva, vysochayshe aprobirovannykh dlya chastnykh stroeniy v gorodakh Rossiyskoy imperii [Collection of facades of His Imperial Majesty, approved for private buildings in the cities of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1809. Part I, II.
5. Sobranie fasadov Ego Imperatorskogo Velichestva, vysochayshe aprobirovannykh dlya chastnykh stroeniy v gorodakh Rossiyskoy imperii [Collection of facades of His Imperial Majesty, approved for private buildings in the cities of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1812. Part III, IV.
6. Ageeva E. Yu., Oskirko A. A. Osobennosti zhiloy zastroyki ulitsy Telyachey v Nizhnem Novgorode XIX veka [Features of the Residential Development of Telyachya Street in Nizhny Novgorod of the XIX Century]. Gradostroitelstvo i arkhitektura [Urban Construction and Architecture], 2022. Vol. 12, № 2. P. 48–53.
7. Ageeva, E. Yu., Oskirko, A. A., Abrosimova, Yu. V. Application of the Experience of the "Exemplary Facades" of the XIX Century in Order to Harmonize Modern Cottage Buildings. Architectural, Construction, Environmental and Digital Technologies for Future Cities. Lecture Notes in Civil Engineering, 2022. Vol 227. P. 1–13.

© Е. Ю. Агеева, А. А. Оскирко, 2022

Получено: 20.06.2022 г.

72.01:351.853.1

А. А. КАЧЕМЦЕВА, доц. кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства

РАЗРАБОТКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЯ «ГРАФИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ» В АСПЕКТЕ РЕСТАВРАЦИИ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-93-92;
эл. почта: kachemtseva@yandex.ru

Ключевые слова: графический источник, реставрация наследия, теория и история архитектуры, категориальная методология, метод двухуровневой триадической дешифровки.

Предложен научно обоснованный вариант решения проблемы терминологической неопределенности, связанной с отсутствием определения понятия «графический источник» в области реставрации архитектурного наследия. Сконструированная дефиниция разработана на базе категориальной методологии и базируется на фундаментальных чертах именуемого предмета.

Актуальность разработки определения понятия «графические источники» обусловлена тем, что в настоящее время отсутствует единая научно обоснованная дефиниция этого термина в аспекте реставрации архитектурного наследия. Более того, изучение специализированной литературы [1, 2, 3], а также утративших силу [4] и действующих нормативно-правовых актов Российской Федерации [5, 6] позволило выявить проблему существующей терминологической



неопределенности, связанной с употреблением схожих, но не тождественных характеристик: «графические», «иконографические», «изобразительные» и «визуальные» – применительно к источникам предпроектных исследований. В свою очередь, это может привести к нарушению процесса профессиональной коммуникации, на котором базируется получение нового научного знания.

В тематических исследованиях [7] приводится утверждение о том, что понятие «визуальные источники» – наиболее широкое из приведенных выше. «Визуальное» включает все воспринимаемое в результате непосредственного раздражения зрительных рецепторов. При этом не имеет принципиального значения: зафиксировано изображение на материальном носителе или нет. Следовательно, для области реставрации архитектурного наследия эта характеристика не является оптимальной, так как приобщение источников к предпроектным изысканиям подразумевает их вещественный характер. Применение термина «изобразительные источники» преимущественно связано с исследованиями в области источниковедения [8] и не отражает профессиональной специфики историко-архитектурных работ. Поэтому не соответствует требованиям, предъявляемым к научным терминам: специализированности значения и дефинитивной функции.

Оставшаяся пара характеристик: «графические» и «иконографические» источники зачастую выступает как синонимичная. Вместе с тем следует отметить, что первоначально термин «иконография» имел довольно узкое значение. Он понимался как свод знаний, касающихся портретных изображений на монетах, печатах и геммах [9]. В XIX в. значение иконографии расширилось до ее понимания как метода изучения средневекового искусства, истолкования символики, аллегорий и атрибутов. Однако распространять термин «иконографические источники» на все источники, содержащие визуальную информацию, не представляется возможным. Даже в тех случаях, когда речь идет о средневековых постройках. В частности, немецкий историк и теоретик искусства Г. Бандманн, жестко указывает на то, что «никакой иконографии архитектуры не существует» [9].

Постепенный отказ от употребления «иконографической» характеристики прослеживается в изменениях нормативно-правовых актов. В частности, в ГОСТ Р 51141-98 «Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения» [4] еще присутствовало определение «иконографический документ». В заменившем его ГОСТ Р 7.0.8-2013 СИБИД уже использует понятие «графический документ». Он трактуется как изобразительный документ, в котором изображение объекта получено посредством линий, штрихов, светотени, точек, цвета [6]. К сожалению, это определение также не в полной мере отражает специфику работ в области реставрации архитектурного наследия, а, значит, может быть дополнено.

Таким образом, предметом исследования настоящей статьи являются графические источники реставрации историко-архитектурного наследия. Цель работы заключается в разработке определения понятия «графические источники» в аспекте реставрации архитектурного наследия. Гипотеза исследования строится на том, что научно обоснованная дефиниция может быть разработана на базе категориальной методологии с использованием формально-логического метода определения понятия и метода двухуровневой триадической дешифровки базового понятия. Применение указанных методов в рамках работы с архитектурным наследием, с одной стороны, обосновано фундаментальным характером триадичных «формул архитектуры» римского теоретика М. П. Витрувия [10] и российского архитектора и педагога Ф. А. Новикова [11], с другой стороны – философским прочтением триады как первого устойчивого положения (состояния)



объекта в архитектуре.

Формально-логический метод определения понятия позволяет четко структурировать представление о графических источниках с использованием идеи триадичности, преломленной к аппарату традиционной логики [12]. В рамках этого метода из множества элементов, представляющих всю совокупность исторических источников (вещественных, письменных и т. д.) необходимо выделить подмножество объектов – графических источников, обладающих определенными признаками. С точки зрения формально-логического метода необходимым и достаточным условием отнесения исторического источника к классу «графический источник» будет являться фиксирование в нем информации в виде изображения. Таким образом, можно заключить, что графический источник – это исторический источник, в котором информация зафиксирована в виде изображения.

Однако цель конструирования дефиниции базового понятия непосредственно в аспекте реставрации архитектурного наследия требует значительных уточнений. Они могут быть разработаны на основе применения метода двухуровневой триадической дешифровки базовой категории. В рамках статьи базовой категорией выступает понятие «графические источники реставрации». Логика используемого метода позволяет на первом уровне дешифровать базовое понятие триадой категорий, наиболее полно отражающих его сущность. Она выбирается таким образом, чтобы раскрывать фундаментальные черты дешифруемого понятия, которыми для графических источников реставрации служат: «ценность», «информативность» и «назначение».

Во-первых, рассматривая реставрацию как процесс работы именно с объектами культурного наследия, следует отметить, что они представляют собой ценность с точки зрения истории, археологии, архитектуры, градостроительства и искусства [5]. Во-вторых, лишь изображение, являющееся носителем и хранителем информации об объекте, может быть привлечено к процессу реставрации архитектурного наследия в качестве графического источника. И в-третьих, для разработки определения базового понятия ключевыми являются цели, заложенные авторами источника при его создании.

В дальнейшем, на втором уровне дешифровки, каждая из первичных категорий определяется через самостоятельную триаду. Так, для выявления понятия «ценности» применена теоретическая модель системы критериев оценки историко-архитектурного наследия, разработанная С. В. Зеленовой [13]. В результате ее исследования были последовательно выделены: «историческая», «архитектурно-градостроительная» и «культурологическая» ценности объектов культурного наследия.

Для дешифровки категории «информативность» использовались уже упомянутые в статье фундаментальные триады Витрувия и Новикова. Применительно к цели разработки определения понятия «графические источники реставрации» они представлены в модели понятиями «функциональная», «конструктивная» и «эстетическая» информативность, где функциональность соотносится с пользой и наукой, конструктивность – с прочностью и техникой, а эстетичность – с красотой и искусством.

Последний третий критерий «назначение» дешифрован через триаду целей создания графического источника. Она может быть рассмотрена как: «проектная» (связанная с замыслом и разработкой планируемой постройки), «фиксационная» (изображающая реализованный объект на разных этапах его строительства, существования и разрушения), а также «исследовательская» (сопряженная с



изучением и научным осмыслением изображенных объектов).

В комплексе двухуровневая триадическая дешифровка понятия «графические источники реставрации» позволяет разработать его развернутую теоретическую модель, представленную на рисунке.

Процесс разработки дефиниции понятия «графические источники реставрации» в дальнейшем представляет собой синтез формулировки, полученной формально-логическим методом определения понятия с разработанной теоретической моделью. Объединив эти подходы, можно заключить, что графические источники в аспекте реставрации архитектурного наследия – это исторические источники проектного, фиксационного или исследовательского назначения, в которых функциональная, конструктивная и эстетическая информация об объекте наследия, имеющем историческую, архитектурно-градостроительную и культурологическую ценность, представлена в виде изображения.



Двухуровневая триадическая дешифровка базового понятия «графические источники реставрации»

В результате проведенного исследования было получено новое развернутое определение, включающее в себя необходимые и достаточные понятия для определения графических источников в аспекте реставрации архитектурного наследия. Сконструированная дефиниция позволяет внести вклад в развитие области предпроектных историко-теоретических и научно-методических разработок, уточнить понятийный аппарат реставрационной науки и в дальнейшем разработать классификацию и методику оценки информационного потенциала графических источников реставрации на основе полученных результатов.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методика реставрации памятников архитектуры / А. С. Алтухов, Г. В. Алферова, В. И. Балдин [и др.] ; под общей редакцией Е. В. Михайловского ; Гос. ком. по гражд. стр-ву и архитектуре при Госстрое СССР. Центр. науч.-исслед. ин-т теории и истории архитектуры. ЦНИИТИА. – Москва : Стройиздат, 1977. – 168 с. : ил. – Текст : непосредственный.
2. Историко-архитектурные исследования : статьи и материалы / С. С. Подъяпольский. – Москва : Индрик, 2006. – 319 с. : ил. – ISBN 5-85759-345-X. – Текст : непосредственный.
3. Памятники архитектуры в дореволюционной России : очерки истории архитектурной реставрации : Монография / А. Л. Баталов, Т. В. Вятчина, И. И. Комарова [и др.] ; под общей редакцией А. С. Щенкова. – Москва : ТЕРРА-Кн. клуб, 2002. – 525, [1] с. : ил. – ISBN 5-275-00664-0. – Текст : непосредственный.
4. ГОСТ Р 51141-98. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения : государственный стандарт Российской Федерации : принят и введен в действие постановлением Госстандарта России от 27 февраля 1998 г. № 28 : дата введения 1999-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003829?ysclid=l6kgp0cmaa764656639>. – Текст : электронный.
5. Российская Федерация. Законы. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации : Федеральный закон Российской Федерации от 25.06.2002 № 73-ФЗ : [принят Государственной Думой 24 мая 2002 года : одобрен Советом Федерации 14 июня 2002 года]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/?ysclid=l6khsbgk8a962295461. – Текст : электронный.
6. ГОСТ Р 7.0.8-2013. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден Приказом Росстандарта от 17.10.2013 № 1185-ст : дата введения 2014-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108447?ysclid=l6khwx13pr819775782>. – Текст : электронный.
7. Алексеев, В. В. Феномен изобразительных источников / визуальных источников: к вопросу о терминологии и классификации / В. В. Алексеев. – Текст : непосредственный // Роль изобразительных источников в информационном обеспечении исторической науки : сборник статей. – Москва, 2019. – С. 90–101.
8. Ковальченко, И. Д. Методы исторического исследования / И. Д. Ковальченко ; Отделение историко-филологических наук. – 2-е изд., доп. – Москва : Наука, 2003. – 486 с. : ил. – ISBN 5-02-008893-5. – Текст : непосредственный.
9. Бандманн, Г. Иконология архитектуры / Г. Бандманн. – Текст : непосредственный // Искусствознание. – 2004. – № 1. – С. 426–468.
10. Лебедева, Г. С. Новейший комментарий к трактату Витрувия «Десять книг об архитектуре» / Г. С. Лебедева, М. Витрувий Поллион ; Рос. акад. архит. и строит. наук, НИИ теории архитектуры и градостроительства. – Москва : УРСС, 2003. – ISBN 5-354-00366-0. – Текст : непосредственный.
11. Формула архитектуры. Размышления о мастерстве / Феликс Новиков. – Москва : TATLIN, 2017. – 112 с. – ISBN 978-5-00075-139-8. – Текст : непосредственный.
12. Боуш, Г. Д. Методология научного исследования (в кандидатских и докторских диссертациях) / Г. Д. Боуш, В. И. Разумов. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 227 с. – (Высшее образование: Аспирантура). – ISBN 978-5-16-014584-6. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1844374>. – Текст : электронный.
13. Зеленова, С. В. Формирование системы критериев оценки историко-архитектурного наследия в России : специальность 18.00.01 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Зеленова Светлана Валерьевна. – Нижний Новгород, 2009. – 22 с. – Текст : непосредственный.



KACHEMTSEVA Anna Aleksandrovna, associate professor of the chair of landscape architecture and landscape construction

DEVELOPMENT OF A DEFINITION OF THE CONCEPT "GRAPHIC SOURCES" IN THE ASPECT OF RESTORATION OF ARCHITECTURAL HERITAGE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 433-93-92;
e-mail: kachemtseva@yandex.ru

Key words: graphic source, heritage restoration, theory and history of architecture, categorical methodology, two-level triadic decoding method.

The article offers a scientifically-based solution to the problem of terminological ambiguity associated with the lack of definition of the «graphic source» concept in the restoration of architectural heritage. The constructed definition is developed on the basis of the categorical methodology and is based on the fundamental features of the named subject.

REFERENCES

1. Altukhov A. S., Alfeyorova G. V., Baldin V. I. [et al.] Metodika restavratsii pamyatnikov arkhitektury [Methodology of Architecture Restoration] ; pod obsch. red. E. V. Mikhaylovskogo; Gos. kom. po grazhd. str-vu i arkhitekture pri Gosstroie SSSR. Tsentr. nauch.-issled. in-t teorii i istorii arkhitektury. TsNIITIA. – Moscow: Stroyizdat, 1977. – 168p.: il.
2. Podyapolsky S. S. Istoriko-arkhitekturnye issledovaniya: st. i materialy [Historical and Architectural Research: Articles and Materials]. – Moscow: Indrik, 2006. – 319 p.: il. ISBN 5-85759-345-X.
3. Batalov A. L., Vyatchanina T. V., Komarova I. I. [et al.] Pamyatniki arkhitektury v dorevolutsionnoy Rossii: Ocherki istorii arkhitektur. restavratsii [Monuments of architecture in pre-revolutionary Russia: Essays on the history of architectural restoration] : Monografiya; pod obsch. red. A. S. Schenkova. – Moscow : TERRA-Kn. klub, 2002. – 525 p.: il. – ISBN 5-275-00664-0.
4. GOST R 51141-98. Deloproizvodstvo i arkhivnoe delo. Terminy i opredeleniya [Record-keeping and archival activities. Terms and definitions] : gos. standart RF : prinyat I vved. Deystvie postanovleniem Gosstandarta Rossii ot 27 fevralya 1998 g. № 28 : data vved. 1999-01-01.URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003829?ysclid=l6kgp0cmaa764656639>.
5. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Ob obektakh kulturnogo naslediya (pamyatnikakh istorii i kultury) narodov Rossiyskoy Federatsii [On Objects of Cultural Heritage (Monuments of History and Culture) of the Nations of Russian Federation] : Federalny zakon RF ot 25.06.2002 № 73-FZ : prinyat Gos. Dumoy 24 maya 2002 goda : odobren Sovetom Federatsii 14 iyunya 2002 goda. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/?ysclid=l6khsbgk8a962295461.
6. GOST R 7.0.8-2013. Sistema standartov po informatsii, bibliotechnomu i izdatelskomu delu. Deloproizvodstvo i arkhivnoe delo. Terminy i opredeleniya [System of Standards for Information, Librarianship and Publishing. Records management and archiving. Terms and Definitions]. Natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii : utv. Prikazom Rosstandarta ot 17.10.2013 № 1185-st: data vved. 2014-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108447?ysclid=l6khwx13pr819775782>.
7. Alekseev V. V. Fenomen izobrazitelnykh istochnikov / vizualnykh istochnikov: k voprosu o terminologii i klassifikatsii [Phenomenon of visual sources: on the issue of terminology and classification] / Rol izobrazitelnykh istochnikov v informatsionnom obespechenii istoricheskoy nauki [The role of visual sources in information support of historical science] : sbornik statey,



Moscow, 2019. P. 90–101.

8. Kovalchenko I. D. Metody istoricheskogo issledovaniya [Methods of historical research]; Otdelenie istoriko-filologicheskikh nauk. 2-e izd., dop. – Moscow: Nauka, 2003. – 486 p.: il. – ISBN 5-02-008893-5.

9. Bandmann G. Ikonologiya arkhitektury [Iconology of Architecture] / Iskuststvoznanie [Art studies]. – 2004. – № 1. – P. 426-468.

10. Lebedeva G. S. Noveyshiyy kommentariy k traktatu Vitruviya "Desyat knig ob arkhitekture" [The newest commentary on Vitruvius' treatise "Ten Books on Architecture"] / Ros. akad. arkh. i stroit. nauk, NII teorii arkh. i gradostroitelstva. – Moscow: URSS, 2003. – ISBN 5-354-00366-0.

11. Feliks Novikov. Formula arkhitektury. Razmyshleniya o masterstve [The formula of architecture. Reflections on Mastery] – Moscow: TATLIN, 2017. – 112 p. ISBN 978-5-00075-139-8.

12. Boush G. D., Razumov V. I. Metodologiya nauchnogo issledovaniya (v kandidatskikh i doktorskikh dissertatsiyakh) [Methodology of Scientific Research]. – Moscow: INFRA-M, 2022. – 227 p. – (Vysshee obrazovanie: Aspirantura). – ISBN 978-5-16-014584-6. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1844374>.

13. Zelenova S. V. Formirovaniye sistemy kriteriev otsenki istoriko-arkhitekturnogo naslediya v Rossii [Formation of Criteria for Evaluation of Historical and Architectural Heritage in Russia] : spetsialnost 18.00.01 : avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchyonoy stepeni kandidata arkhitektury / Zelenova Svetlana Valerevna. – Nizhny Novgorod, 2009. – 22 p.

© А. А. Качемцева, 2022

Получено: 28.05.2022 г.

УДК 72.036

Е. О. ШИРОКОВА, аспирант кафедры архитектурного проектирования

НЕОТРАДИЦИОНАЛИЗМ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ РОССИИ ЭПОХИ ПОСТМОДЕРНИЗМА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: shkerdina95@icloud.com

Ключевые слова: архитектура, постмодернизм, неотрадиционализм, культовые сооружения, современные храмы.

Приводится анализ культовых произведений в городах разных регионов России (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Казань, Екатеринбург, Новосибирск) конца XX – начала XXI вв., выполненных в неотрадиционализме в рамках постмодернизма. На конкретных примерах показаны характерные черты и особенности стилистического направления.

«Неотрадиционализм (новый традиционный стиль) – стилистическое течение постмодернизма, которое основывается на местных традициях, близок к регионализму. Он более «серьезен» по сравнению с историзмом или частичным историзмом, допускающим многозначность и ироничность. Неотрадиционализм стремится в общих чертах воспроизводить характер не только памятников, но и рядовых исторических построек, и рядовой ткани» [1]. Начиная с 1990-х годов в России началось активное восстановление культовых сооружений, уничтоженных



в 1930-е годы, и строительство новых. Некоторые из них восстанавливаются на основе обмерных чертежей, фотографий, архивных материалов, но большинство – это новые сооружения, которые опираются на канонические традиции.

В архитектурных формах, деталях, декоративном убранстве прослеживаются характерные черты, которые соответствуют той или иной религии, климату, стилистике окружающей историко-архитектурной среды, строительным особенностям. А для этого архитектор должен хорошо знать историю архитектуры данной местности, данного региона. Профессиональные навыки архитекторов, строителей и инвесторов в большинстве случаев приводят к оптимальному соотношению традиций и новаторских решений в строительстве современных культовых зданий [2]. Сакральный фактор обрисовывает определенные рамки, в которые должен вписаться образ создаваемого храма [3]. Связано это со свойствами канонического искусства и религиозной ориентации, опирающейся на опыт храмостроения. «Соборное сознание может принять достаточно решительные новации, но на их «проверку» всегда требуется время. Поэтому в качестве первоочередного критерия выступает канон, исторический прецедент. Отсюда – такая тяга в церковном искусстве к историческим, традиционным архитектурным формам» [3]. Изменения общекультурной ситуации влияло на архитектурный облик храмов, но стремление к сохранению сакральности заставляло придерживаться канонов [3].

Рассмотрим, как неотрадиционализм проявился в храмостроении в ряде крупных российских городов, таких как Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Казань, Екатеринбург и Новосибирск в конце XX – начале XXI вв.

Церковь Воскресения Христова (рис. 1 цв. вклейки) (арх. А. Б. Котов, 2017 г.) расположена в центральной части Москвы. Церковь занимает угловое расположение на пересечении Остоженки и 2-го Зачатьевского переулка, на месте разобранной в 1935 г. церкви. Храм немного сдвинут вглубь участка относительно утраченного оригинала, чтобы соблюсти современные красные линии. Северным фасадом храм обращен на Остоженку. Он восстановлен в достоверных формах на момент разборки. Симметричная продольно-осевая композиция состоит из трех основных соединенных объемов. Основной объем – квадратный в плане четверик под четырехскатной крышей, завершенный луковичным пятиглавием на барабанах. С востока к четверику примыкает трехчастный алтарь, с запада – трапезная с симметричными приделами, крытая на два ската. Стены трапезной и алтаря на треть ниже стен храма. С западной стороны от трапезной находится трехъярусная колокольня, завершенная шпилем. Углы четверика подчеркнуты сдвоенными лопатками. Завершение фасадов четверика выполнено в виде пояса кокошников, под ним профилированный карниз и оконные обрамления. Трехчастная структура (четверик с алтарем, трапезная с притворами и колокольня) восходит к чертежам «Смешанного» альбома М. Ф. Казакова. Алтарь состоит из трех апсид. Данный объект представляет ценность как значимый элемент градостроительной концепции: «Его воссоздание вернет городу ценные визуальные связи: колокольня замкнет перспективу Остоженки, даже в существующей ситуации она могла бы играть важную роль», – комментирует автор объекта А. Б. Котов [5]. Колокольня и трапезная выполнены в стилистике классицизма XIX в., четверик церкви восстанавливается в первоначальных формах архитектуры XVII в. (документально обоснованный), это позволяет отнести этот объект к неотрадиционализму эпохи постмодернизма.

К СТАТЬЕ Е. О. ШИРОКОВОЙ «НЕОТРАДИЦИОНАЛИЗМ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ РОССИИ ЭПОХИ ПОСТМОДЕРНИЗМА»

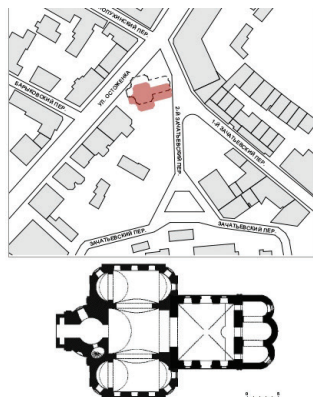
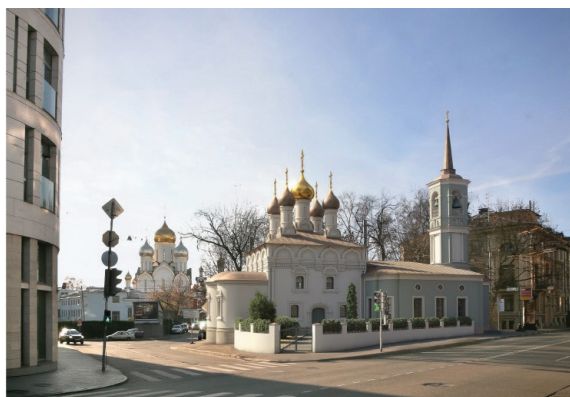


Рис. 1. Церковь Воскресения Христова на Остоженке в Москве (арх. А. Б. Котов, 2017 г.)

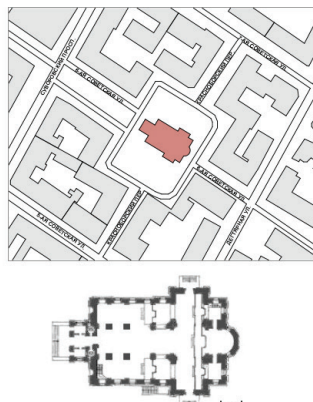


Рис. 2. Храм Рождества Христова на Песках. 6-я Советская ул., пересечение с Краснорборским пер. Санкт-Петербург, (арх. Р. М. Даянов, Е. Н. Скрылева, Я. В. Крупенская, 2017–2020 гг.)

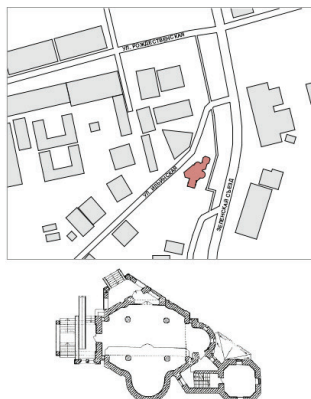
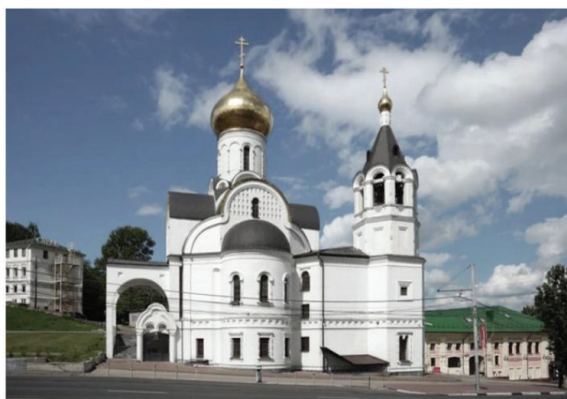


Рис. 3. Церковь в честь Казанской иконы Божьей Матери на ул. Почаинской, 31 (арх. Е. Н. Пестов, Н. Н. Пестова, 2005–2012 гг.)

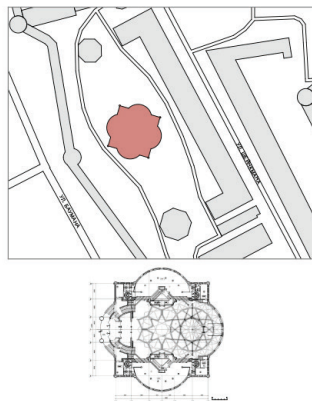
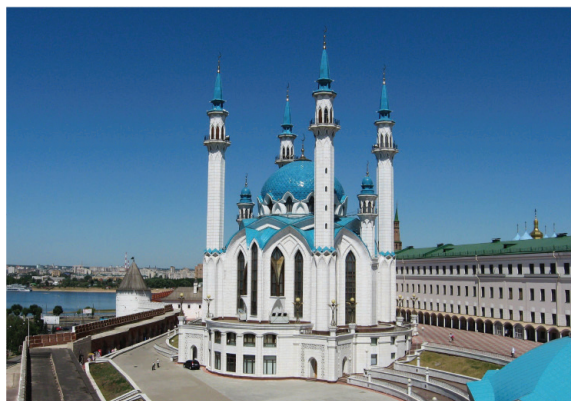


Рис. 4. Мечеть Кул Шариф, (арх. И. Ф. Сайфуллин, А. Саттаров, С. Шакуров, М. В. Сафронов, Ш. Х. Латыпов, 1996–2005 гг.)

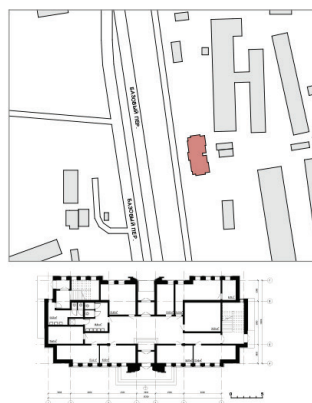


Рис. 5. Мусульманский религиозный центр «14 святых», г. Екатеринбург, (арх. А. М. Мамедов, Д. Мосина, 2016 г.)

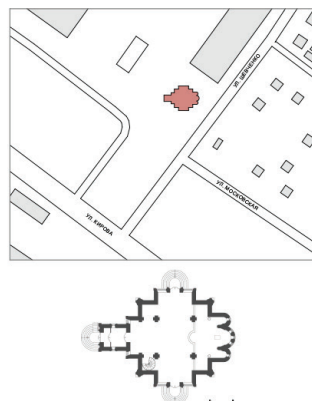


Рис. 6. Храм в честь иконы Божьей Матери «Троеручица», г. Новосибирск, (арх. Л. Г. Чепурина, Н. Г. Томилина, М. В. Огаркова, К. Б. Лаптев, 2013 г.)



Храм Рождества Христова на Песках (рис. 2 цв. вклейки) находится в историческом центре Санкт-Петербурга на пересечении 6-й Советской улицы с Красноборским пер. (арх. Р. М. Даянов, Е. Н. Скрылева, Я. В. Крупенская, 2017–2020 гг.). Он воссоздан на месте одноименного каменного храма, построенного в 1787 г. архитектором П. Е. Егоровым, вдохновленным Троицким собором Александро-Невской лавры. В 1934 году храм был снесен. В 2001 г. фундамент был взят на учет в качестве выявленного объекта культурного наследия. Кирпичные стены оштукатурены в желтый цвет с белыми декоративными деталями. Храм имеет симметричную относительно продольной оси композицию. Основной объем храма перекрыт четырехскатной кровлей, над ней возвышается крестообразный объем центрального нефа, перекрытый двускатной крышей. На средокрестии – объемный барабан с купольным завершением. Центральный неф выше и шире боковых. Он освещается окнами второго яруса. По бокам западного фасада расположены две симметричные башни с четырехгранным купольным покрытием, увенчанные утонченными шпилями с золотыми крестами. В правой находится звонница. Входная группа храма выполнена в виде массивного ионического портика с фронтоном. Арочные оконные проемы украшены сандриками. Стены рустованные. В центральном барабане имеются круглые оконные проемы. Транsept украшен ионическими пилястрами. Внутренняя планировка представлена крестообразным по форме планом с десятью столбами-опорами, разделяющими пространство храма на три нефа со встроенным алтарем. Данный объект является важной градостроительной доминантой Рождественской части города. Современное культовое сооружение выполнено в классицизме.

Церковь в честь Казанской иконы Божьей Матери (рис. 3 цв. вклейки) расположена в исторической части Нижнего Новгорода на Зеленском съезде по ул. Почаинской, 31 (арх. Е. Н. Пестов, Н. Н. Пестова, 2005–2012 гг.) на месте пятиглавого храма 1869 г. постройки, снесенного в 1935 г. Кирпичные оштукатуренные стены выкрашены в белый цвет. Объемно-пространственная композиция четырехстолпного одноглавого храма с подклетом и шатровой колокольной высотой до верха светового барабана асимметрична. Каплевидная купольная глава на высоком световом барабане украшена традиционным аркатурным поясом. Кокошник авторской интерпретации завершает объем четверика с одной апсидой, ориентированной строго на восток. По периметру проходят горизонтальные пояса, объединяющие объем колокольни с храмом. Внутренняя планировка также асимметрична. Колокольня со входом из основного молельного помещения ориентирована на север. Паперть выполнена с юга, она имеет сложную конфигурацию, так как по проекту должна была примыкать к гостиничному комплексу, который до настоящего времени не был осуществлен. Данный объект носит черты, характерные как для средневекового русского зодчества, так и для современности [2]. Сочетание неомодерна с неорусскими мотивами позволяет отнести эту церковь к постмодернистскому неотрадиционализму.

Мечеть Кул Шариф в Казани (рис. 4 цв. вклейки), (арх. И. Ф. Сайфуллин, А. Саттаров, С. Шакуров, М. В. Сафронов, Ш. Х. Латыпов, 1996–2005 гг.) расположена в самом центре города, в Казанском кремле, в память о снесенной одноименной мечети (1552 г.). Современная мечеть выполнена в монолитных железобетонных конструкциях, облицованных белым мрамором, гранитом, ониксом и змеевиком. Шпиль и купол окрашены в голубой цвет. Мечеть имеет симметричную композицию. Основной объем мечети состоит из двух кубов,



пересеченных под 45 градусов (этот знак в исламской культуре известен как «Благословение Аллаха»), увенчанных щипцовыми сводами. Высота минаретов 57 м, центральный купол – 39 м и 15 м в диаметре. В комплекс, помимо четырех главных минаретов, входят и два малых, которые расположены на углах главного входа. Стены мечети включают восемь стрельчатых арок, украшенных традиционными татарскими орнаментами. Окна мечети выполнены в виде высоких стрельчатых витражей. Окна на куполе мечети выполнены в форме тюльпанов (древнебулгарский знак возрождения и процветания). Архитектура купола ассоциативно отсылает к Казанской шапке. Мечеть имеет пять этажей вместе с цокольным и техническим. На первом этаже находится молельный зал для мужчин, кабинет имама, на втором – смотровые балконы для туристов и молельная зона для женщин. Цокольный этаж занимает музей ислама, гардеробы, помещения для омовения. В молельный зал вход расположен с северной стороны, а в музей – с южной. «Кул Шариф – это не просто мечеть. Это новый символ Казани и Татарстана, притягательный центр для всего татарского мира. Это своего рода мост, соединяющий через настоящее наше прошлое и будущее» – подчеркнул Президент Татарстана Минтимер Шаймиев [4]. Преемственность исламской архитектурной традиции (традиции татарского зодчества) и современные материалы демонстрируют обращение к неотрадиционализму.

Мусульманский религиозный центр «14 святых» (рис. 5 цв. вклейки), располагается на окраине Екатеринбурга на месте реконструируемого аварийного здания, на участке рядом с многоуровневой развязкой переулка Базовый (арх. А. М. Мамедов, Д. Мосина, 2016 г.) Здание имеет стальную и железобетонную конструктивную систему с переменным шагом колонн, отделка выполнена в камне и витражном стекле. Мечеть имеет симметричную композицию главного фасада, углы которого зафиксированы двумя гранеными минаретами. Объем здания состоит из трех ярусов. Купол диаметром 10 м расположен на третьем уровне, объединяет пространства молельных залов. Декор представлен в виде культурных исламских орнаментов, стрельчатых окон и высоких сводчатых порталов, обрамляющих главный вход. Из вестибюля можно попасть в гардеробную и санузел, оборудованные душевыми. На первом ярусе есть библиотека, класс для обучения, комната Корана, помещения для отдыха, административные и складские помещения. На втором ярусе расположен молельный зал, разделенный на две части раздвижными перегородками (для мужчин и женщин) [6]. Преемственность традиций исламской культуры позволяет отнести здание к неотрадиционализму.

Храм в честь Иконы Божьей Матери «Троеручица» (рис. 6 цв. вклейки) располагается в середине Октябрьского района Новосибирска по ул. Шевченко и ориентирован строго по сторонам света (арх. Л. Г. Чепурина, Н. Г. Томилина, М. В. Огаркова, К. Б. Лаптев, 2013 г.). Белые оштукатуренные стены, витражное остекление и коричневая кровля выбраны в качестве цветового решения. Приземистых пропорций церковь имеет симметричную относительно продольной оси композицию. Крестообразная структура перекрывается (закомарными) цилиндрическими сводами с четырех сторон, в центре – барабан, увенчанный шлемовидным куполом. С юга и севера на стенах расположены большие витражи, занимающие всю высоту стен за исключением глухих дверных арочных проемов. На западном фасаде притвор примыкает к витражному арочному остеклению. На углах расположены лопатки, поддерживающие арочные своды. Форма плана крестообразная с внутренними столбами-опорами. С западной стороны располагается главный вход с притвором, с юга и севера симметрично еще две



паперти и пристроенный трехапсидный алтарь с востока. Авторы характеризуют данный объект, как: «...отвечающий градостроительной значимости участка в формировании застройки города» [7]. Храм относится к традиционному крестово-купольному типу. Стилизация и авторское переосмысление опыта прошлого, определенное упрощение традиционных православных архитектурных деталей характерны для постмодернизма.

На основании приведенных выше примеров можно констатировать, что неотрадиционализм проявился практически повсеместно во многих регионах страны, причем наиболее ярко – в архитектуре культовых сооружений, строительство которых массово началось в постсоветский период. В православном храмостроении наблюдается преобладающее обращение к неорусскому стилю XVII в. или эпохи модерна начала XX века. В меньшей степени зодчие обращаются к классицизму. Преимущественно современные храмы располагаются в центральной исторической части каждого города, на месте утраченных культовых сооружений, также есть примеры совершенно нового строительства на градостроительно значимых или свободных территориях. При строительстве используются современные строительные материалы, конструкции и технологии. Формообразование представляет собой новый эклектизм (постмодернизм), когда допускается свобода комбинирования исторических форм и элементов, но с учетом церковных канонов. Объемно-пространственная композиция культовых сооружений практически полностью опирается на традиционные аналоги, но при этом отмечается их авторская интерпретация. «...законным с церковной точки зрения оказывается стремление сохранить, репродуцировать определенные черты архитектуры, указывающие на ее национальную принадлежность... И это также актуализирует применение исторических, традиционных храмовых форм» [3]. Планировочная структура несколько меняется в соответствии с учетом современных потребностей. В зависимости от региона наблюдаются характерные региональные и национальные архитектурные мотивы. Также архитекторы учитывают мусульманские традиции при проектировании мечетей. Для исламской культуры по-прежнему используются восточные мотивы, в частности, традиции татарского зодчества в архитектуре. Воссоздание всегда несет печать своего времени. Возрождение культового зодчества различных конфессий, основанного на традициях культового зодчества в соединении с современными архитектурно-конструктивными решениями, способствует сохранению историко-архитектурной среды городов России. Как показывает исследование архитектуры современного церковного зодчества, для неотрадиционализма характерно взаимодействие с другими направлениями постмодернизма, а именно: с историзмом, частичным историзмом и контекстуализмом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орельская, О. В. Постмодернизм / О. В. Орельская, А. А. Худин. – Нижний Новгород : Бегемот–НН, 2019. – 240 с. – ISBN 978-5-6042059-1-4. – Текст : непосредственный.
2. Борисов, С. В. Традиции и новаторство в современном храмостроительстве / С. В. Борисов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 10 (26). – С. 92–97.
3. Щенков, А. С. Проблемы традиционной формы в современном храмостроении России / А. С. Щенков. – Текст : непосредственный // Храмостроительство в России. Традиции и современность. – Москва, 1996. – С. 19–24.



4. Иваницева, О. Мечеть Кул Шариф: история возрождения / О. Иваницева. – URL: <https://kazved.ru/news/mecet-kul-sarif-istoriya-vozrozhdeniya-5846489> (дата обращения 23.04.2022). – Текст : электронный.
5. Котов, А. Б. Будни воссоздания / А. Б. Котов. – URL: <https://archi.ru/russia/73715/budni-vossozdaniya> (дата обращения: 23.04.2022). – Текст : электронный.
6. Мамедов, А. М. «14 святых» / А. М. Мамедов. – URL: <https://archi.ru/russia/68363/14-svyatykh> (дата обращения 26.04.2022). – Текст : электронный.
7. Чепурина, Л. Г. Проект храма в честь иконы божьей матери «Троеручица» / Л. Г. Чепурина. – URL: <http://totalarch.com/zk2013/108>, свободный (дата обращения 23.04.2022). – Текст : электронный.

SHIROKOVA Elena Olegovna, postgraduate student of the chair of architectural design

NEOTRADITIONALISM IN THE LARGE CITIES OF RUSSIA IN THE ERA OF POSTMODERNISM

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: shkerdina95@icloud.com

Key words: architecture, postmodernism, neotraditionalism, places of worship, modern temples.

The article provides an analysis of cult works in the cities of different regions of Russia (Moscow, St. Petersburg, Nizhny Novgorod, Kazan, Yekaterinburg, Novosibirsk) of the late XX – early XXI century, made in postmodern neotraditionalism. Specific examples show the characteristic features and peculiarities of the stylistic direction.

REFERENCES

1. Orelskaya O. V., Khudin A. A. Postmodernizm [Postmodernism]. Nizhny Novgorod, Begemot–NN, 2019, 240 p. – ISBN 978-5-6042059-1-4.
2. Borisov S. V. Traditsii i novatorstvo v sovremennom khramostroitelstve [Tradition and innovation in modern temple building] // Privolzhskiy nauchny vestnik [Volga Scientific Bulletin]. 2013. № 10 (26). P. 92–97.
3. Schenkov A. S. Problemy traditsionnoy formy v sovremennom khramostroenii Rossii [Problems of the traditional form in modern temple building in Russia]// Khramostroitelstvo v Rossii. Traditsii i sovremennost [Church building in Russia. Tradition and modernity]. Moscow, 1996. P. 19–24.
4. Ivanycheva O. Mechet Kul Sharif: istoriya vozrozhdeniya [Kul Sharif Mosque: the history of revival]. – URL: <https://kazved.ru/news/mecet-kul-sarif-istoriya-vozrozhdeniya-5846489> (data obrascheniya 23.04.2022).
5. Kotov A. B. Budni vossozdaniya [Weekdays of recreation]. – URL: <https://archi.ru/russia/73715/budni-vossozdaniya> (data obrascheniya 23.04.2022).
6. Mamedov A. M. 14 svyatykh [14 saints]. – URL: <https://archi.ru/russia/68363/14-svyatykh> (data obrascheniya 23.04.2022).
7. Chepurina L. G. Proekt khrama v chest ikony bozhey materi «Troeruchitsa» [The design of the temple in honor of the icon of the Mother of God "Troeruchitsa"]. – URL: <http://totalarch.com> (data obrascheniya 26.04.2022).

© Е. О. Широкова, 2022

Получено: 28.05.2022 г.



УДК 712.4: 692.435

**Т. В. КИРЕЕВА, канд. филос. наук, проф. кафедры ландшафтной архитектуры
и садово-паркового строительства**

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕЛЕННЫХ И ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРОВЕЛЬ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-93-92;
эл. почта: tkireeva2005@yandex.tu

Ключевые слова: классификация зеленых кровель, типы зеленых кровель, зеленые кровли, висячие сады, озеленение эксплуатируемой кровли, интенсивное озеленение, экстенсивное озеленение, полунтенсивное озеленение.

Разработанная «Классификация зеленых кровель» является исходной базой для развития нового для России направления зеленой архитектуры и природного урбанизма. Классификация, состоящая из четырех родовых признаков и развитой системы подпунктов, в привязке к расширенной типологии, представлена единой структурой, что впервые в науке дает четкое направление в определении принадлежности и характеристик различных видов и типов зеленых и эксплуатируемых кровель. Разработанная классификация является важным инструментарием для проектировщиков, строителей и девелоперов в продвижении крышного озеленения.

Классификация зеленых кровель под заголовком “*Green Roofs in Russia Classification and Typology*” была разработана и опубликована автором в 2019 г. [1]. Выявлено, что за прошедшие годы классификация зеленых кровель в мировом масштабе до сих пор не была разработана. Считаем возможным заявить о своей работе еще раз, дополнив ее новыми пунктами, а также осветить несколько вопросов, возникших в связи с выходом первого отечественного нормативного документа ГОСТ Р 58875-2020 «Зеленые стандарты». Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений [2].

За время своего многовекового существования сады на крышах видоизменялись (висячие сады, зеленые кровли, сады на искусственном основании и т. д.), формируя и сохраняя устойчивые принципы организации, и сформировалась единая, принятая всем мировым сообществом ландшафтных архитекторов, типология кровельного озеленения: экстенсивный, интенсивный и полунтенсивный тип. Основой типологии являются показатели несущей способности крыши; толщины и веса почвенного субстрата; ассортимента растений, способных к произрастанию в условиях выбранного типа; возможность пребывания людей. Характеристики, приемы организации, ассортимент растений описаны в научных [3, 4] и нормативных документах как у нас [2, 5, 6] так и за рубежом [7, 8, 9].

В зарубежных источниках находим три устойчивых определения зеленых кровель: “*green roofs*” – зеленые кровли [7, 8]; “*landscapes over structure*” – ландшафты над структурой [9]; “*hanging gardens*” – висячие сады [7, 8, 9]. Отечественные авторы [1, 3, 4, 10, 11], нормативные источники [2, 5, 6] предлагают различные определения и попытки классификации с точки зрения своих профессиональных «интересов» и компетенций. Например, в «Рекомендациях по проектированию озеленения и благоустройства крыш» от 2000 г. [5] в разделе «1. Общие положения» были перечислены только: «сады на крышах зданий,

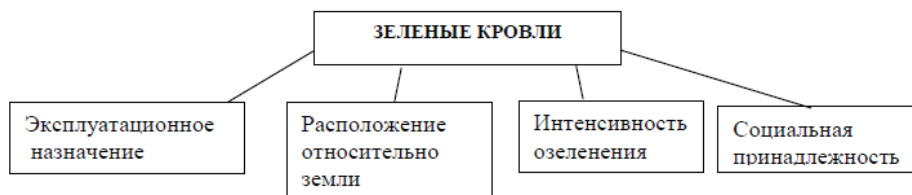
наземные сады, озелененные крыши, архитектурно-ландшафтные объекты на эксплуатируемых крышах».

В новом российском ГОСТ Р 58875-2020 «Зеленые стандарты» [2] основные типологические характеристики зеленых крыш коротко изложены в разделе «Термины и определения», где перечислены: озелененная интенсивная крыша, озелененная полуинтенсивная крыша; озелененная экстенсивная крыша, эксплуатируемая крыша. Например, «крыша, озелененная интенсивная: крыша, созданная с применением слоя субстрата и посадочного материала – трав, кустарников, деревьев, различных типов почвопокровных растений, с постоянным уходом за растительностью с возможностью доступа посетителей помимо обслуживающего персонала» [2, с. 4]. В разделе «Типология озелененных эксплуатируемых крыш» дано деление типов по характеру «функционального назначения: эксплуатационные крыши под пешеходную нагрузку; эксплуатируемые крыши под транспортную нагрузку» [2, с. 11], а также приводится разделение «на крыши с мобильным (контейнерным) и стационарным типом озеленения» [2, с. 6]. Висячие сады в данном нормативном документе не упоминаются.

Архитекторы выделяют в проектах основную и дополнительную функции общественной кровли [11, 12], фокусируют свои решения на планировочном аспекте, используя термин «зеленая эксплуатируемая кровля». В научной литературе в отношении большинства объектов как исторического [13, 14, 15], так современного зеленого строительства, обычно употребляется термин «висячие сады».

Таким образом, в научной и профессиональной лексике возникла некая проблема терминологического и семантического характера, которую предлагается разрешить за счет введения классификации.

Классификация – это метод, позволяющий описать многоуровневую, разветвленную систему элементов и их отношений. В данном случае есть три основных элемента: крыша, человек, озеленение, с приоритетными потребностями человека. Их отношения и степень использования (применения) составляют основу классификации, что отражено в представленной схеме (рисунок).



Классификация зеленых кровель по родовому признаку

Вопрос о пребывании человека на кровле и использование ее для своих целей вводит первый пункт естественной классификации по родовому признаку: кровля эксплуатируемая или не эксплуатируемая. Плоская эксплуатируемая зеленая кровля дает человеку широкие возможности отдыха, физического развития, оздоровления. Если кровля полностью озеленяется, а человек (специалист-садовник) пребывает на ней только для ухода, это не эксплуатируемая кровля. Реализуя основные функции кровли с присутствием на ней посетителя, вводим **первый** классификационный признак – «**эксплуатационное назначение**».

1) эксплуатируемые кровли без заезда автомобилей и пожарной спецтехники; (рис. 1 цв. вклейки);

К СТАТЬЕ Т. В. КИРЕЕВОЙ «КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕЛЕНых И ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРОВЕЛЬ»



Рис. 1. Детская площадка на кровле многоэтажного паркинга. Копенгаген (2018 г.)



Рис. 2. Сад на крыше подземного паркинга в Баден-Бадене (2019 г.)



Рис. 3. Террасный дом и зеленые террасы. Арх. *Bjarke Ingels Group*. Копенгаген (2018 г.)



Рис. 4. Наземный сад над парковкой по ул. Невзоровых д. 83, г. Н. Новгород (2022 г.)



Рис. 5. Висячий сад. Царское село (XVII в.) (2017 г.)



Рис. 6. Висячий сад над станцией метро *De Sants* в Барселоне (2022 г.)



Рис. 7. Наземный сад – парк Зарядье. Москва (2021 г.)



Рис. 8. Газоны эксплуатируемой кровли ТЦ на музейной площади Амстердама (2013 г.)

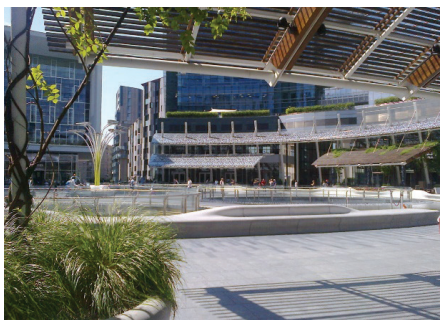


Рис. 9. Площадь Гарибальди в Милане – зеленая эксплуатируемая кровля (2016 г.)



Рис. 10. Площадь Schouwburgplein на кровле парковки. Арх. West 8. Роттердам (2013 г.)



Рис. 11. Зеленая кровля музея современного искусства. Франкфурт -на -Майне (2016 г.)

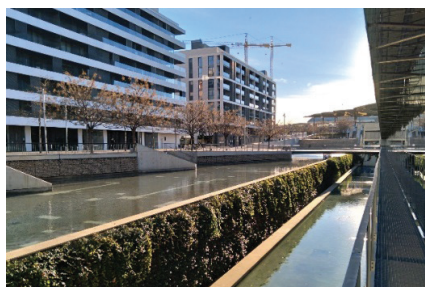


Рис. 13. Водный сад над паркингом. Музей дизайна. Барселона (2022 г.)



Рис. 12. Экстенсивная зеленая крыша. Эко-отель. Нормандия (2012 г.)



Рис. 15. Частные террасы «Вертикального леса». Арх. Стефано Боэри. Милан (2016 г.).

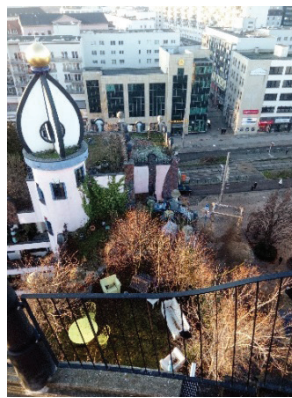


Рис. 16. Сад на частной террасе дома «Зеленая цитадель» Ф. Хундертвассера в Магдебурге (2021 г.)



Рис. 14. Клубная зеленая кровля бизнес-школы Сколково. Москва (2011 г.)



2) эксплуатируемые кровли с заездом автомобилей и пожарной спецтехники; (рис. 2 цв. вклейки);

3) частично эксплуатируемые (на отдельных участках кровли);

4) не эксплуатируемые кровли и крыши.

Заезд автомобилей на эксплуатируемую кровлю допускается по техническому заданию (устройство парковки), либо с необходимостью проезда спецтехники, что предусматривается нормами [2, 16].

Зеленые кровли могут располагаться на разной высоте – непосредственно на земле, на террасе, эстакаде, на крыше малоэтажного или многоэтажного здания, поэтому вводится **второй** классификационный признак – **«расположение относительно поверхности земли»**:

5) озелененные кровли – на крышах надземной части жилых, общественных и производственных зданий; (рис. 1 цв. вклейки);

6) озелененные террасы – на крышах надземной части террасных зданий и зданий с террасами; (рис. 3 цв. вклейки);

7) озелененные крыши – на крышах подвальных и цокольных этажей (стилобатах), в том числе на разных уровнях; (рис. 4 цв. вклейки);

8) висячие сады – на разных ярусах (один над другим), наземной части зданий, на специальных платформах, мостах, эстакадах (рис. 5 цв. вклейки).

Озеленение кровель может быть выполнено по-разному – от газонов до посадки деревьев и кустарников. Тогда вводится классификационный **третий** признак – **«интенсивность озеленения»**, где, прежде всего, выделяются «сады»:

9) **«Висячие сады»** с разнообразием посадок деревьев, кустарников и пр. растений, создающие впечатление садов на природном ландшафте. Анализ применения термина «висячие сады» показал, что он имеет тройное смысловое значение:

– *исторические сады*, созданные на террасах и крышах дворцов и храмов: висячие сады Семипирмиды (VI в. до н. э.); московского Кремля (XVI в.); Царского Села (XVIII в.) и т. д. (рис. 5 цв. вклейки);

– полноценные сады на специальных конструкциях-платформах, мостах, эстакадах: «Сад Вилл» Ле Корбюзье (1925 г.) [12]; Хай-Лайн (арх. *Diller Scofidio + Renfro*, Нью-Йорк, 2009 г.) (рис. 6 цв. вклейки).

– *выражение, часто употребляемое в быту, непрофессионально*, например, «висячие сады парка Зарядье».

10) **Сады на крышах** предназначены для отдыха населения и по своей структуре приближены к мини-скверам [10], общественным пространствам объектов социально-культурного назначения различной функции. Располагаются на кровлях и стилобатах зданий. Само определение «сады» требует значительных по объему и площади зеленых насаждений разнообразного ассортимента (рис 2. цв. вклейки).

11) **Наземные сады** располагаются на уровне земли, непосредственно на крыше подземных зданий или сооружений: парковок, многоярусных паркингов жилых комплексов (рис. 4 цв. вклейки), торговых центров; над сооружениями инженерной и транспортной инфраструктуры. Озеленение (деревья, кустарники, цветочные растения) составляет значительную часть территории, имеет объемно-пространственное развитие и производит впечатление сада. Например, парк Зарядье в Москве – наземный сад, т. к. значительная часть его территории (около 75 %) располагается на насыпном грунте над встроенными подземными зданиями [17] (рис. 7 цв. вклейки).



12) **Озелененная эксплуатируемая кровля**, или озелененная эксплуатируемая кровля на искусственном основании имеет меньшую площадь озеленения, чем сады, меньшее количество деревьев: озеленение представлено преимущественно газонами (рис. 8 цв. вклейки), луговыми сообществами и кустарниками, здесь много покрытий. К этому пункту классификации относятся озелененные эксплуатируемые кровли дворов, общественных пространств, деловых, административных и торговых комплексов (рис. 9 цв. вклейки), где преобладает функция – площадки для детей, спорта, отдыха, кафе, магазинов, а также транзитное движение людей к транспортным узлам – это самая перспективная форма организации урбанизированного городского пространства начала XXI века (рис. 10 цв. вклейки).

13) **Зеленые крыши (экстенсивный тип)** плоских, скатных или криволинейных форм имеют сплошное покрытие из газонных, почвопокровных растений, или луговых растений (рис. 11 цв. вклейки). Здесь не предусмотрено пребывание (рекреация) человека. Основное назначение таких кровель – экология и эстетика (рис. 12 цв. вклейки).

14) **Водные сады** на искусственном основании создаются для смягчения микроклимата [16] и должны иметь значительные площади водной поверхности, где вода выступает как тема проекта (рис. 13 цв. вклейки).

Озелененные эксплуатируемые кровли и сады могут принадлежать различным собственникам (муниципалитету, товариществу собственников, частному лицу), что определяет их доступность. Это **четвертый** классификационный признак – «**социальная принадлежность**»:

15) **зеленая эксплуатируемая кровля общественного назначения** (зеленая эксплуатируемая кровля на искусственном основании): доступная, многофункциональная территория, с высокой рекреационной нагрузкой, что сокращает площадь озеленения и требует устойчивости применяемого ассортимента растений (рис. 9 цв. вклейки);

16) **зеленая эксплуатируемая кровля частного владения** располагается на крыше частного дома, пентхауса или клубного дома, добавляя комфорт (рис. 14 цв. вклейки). Используются растения различного вида в зависимости от потребностей владельца, общего стиля, но с учетом климата, ветровой нагрузки, возможности ухода и при соблюдении норм проектирования;

17) **зеленые эксплуатируемые террасы общественных зданий** предназначены для отдыха и оздоровления, где различные виды озеленения представлены в специальных емкостях и вазонах;

18) **зеленые эксплуатируемые террасы частных владений** украшают исторические и современные постройки, вносят разнообразие в городскую среду за счет качественного ассортимента растений и профессионального ухода [18] (рис. 15, 16 цв. вклейки).

Выводы. В результате проведенных работ систематизированы теоретические сведения и практические данные для составления классификации зеленых кровель. Введено деление на основе родовых признаков на четыре признака, которые характеризуют зеленые кровли по эксплуатационному назначению, расположению относительно земли, интенсивности озеленения и социальной принадлежности. Каждый признак получил деление на отдельные пункты, отражающие суть, назначение и область применения. Таким образом, разработанная «Классификация зеленых кровель» представлена как единая многоуровневая структура, что является научной базой для развития отечественной «зеленой» архитектуры и



процесса профессиональной подготовки бакалавров и магистров направления
Ландшафтная архитектура и Дизайн архитектурной среды.

В статье использованы фотографии автора – Киреевой Т. В.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kireeva, T. Green Roofs in Russia Classification and Typology / T. Kireeva. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/34065743610.1088/1755-1315/459/5/052034> (дата обращения 03.06. 2022). – Текст : электронный.
2. ГОСТ Р 58875-2020 «Зеленые» стандарты. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 мая 2020 г. № 245-ст. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 54 с. – Текст : непосредственный.
3. Титова, Н. П. Сады на крышах / Н. П. Титова. – Москва : ОЛМА-ПРЕСС Гранд, 2002. – 112 с. – ISBN 5-94846-049-5. – Текст : непосредственный.
4. Киреева, Т. В. Архитектурно-ландшафтное проектирование зеленой эксплуатируемой кровли : учебное пособие / Т. Киреева. – Москва : ТРИУМФ, 2019. – 112 с. – ISBN 978-5-93673-239-3. – Текст : непосредственный.
5. Рекомендации по проектированию озеленения и благоустройства крыш жилых и общественных зданий : приняты и введены в действие указанием Москомархитектуры от 18.10.2000 г. № 43 Москомархитектура. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200006825?ysclid=l6otjmt6dq215005057>. – Текст : электронный.
6. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования. – URL: <https://ardexpert.ru/article/13319> (дата обращения 03.07. 2019). – Текст : электронный.
7. Oberndorfer, E. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services / E. Oberndorfer. – BioScience, 2007. – 823 p.
8. Osmundson, T. Roof Gardeus: History, Design and Construction by / Theodore Osmundson. – W.W. Norton, 1999. – 318 p.
9. Virginia Russell Classification system proposed for green roofs. – URL: <https://phys.org/news/2013-10-classification-green-roofs.html> (дата обращения 08.07. 2021). – Текст : электронный.
10. Горохов, В. А. Зеленая природа города / В. А. Горохов. – Москва : Архитектура-С, 2005. – 528 с. – ISBN 5-9647-0054-3. – Текст : непосредственный.
11. Логвинов, В. Н. Природа и архитектура. Путь интеграции / В. Н. Логвинов. – Москва : [б. и.], 2019. – 218 с. – ISBN 978-5-4465-2067-1. – Текст : непосредственный.
12. Ле Корбюзье. Архитектура XX века / Ле Корбюзье ; перевод с французского В. В. Фрязинова. – Москва : Прогресс, 1977. – 303 с. – Текст : непосредственный.
13. Дубровская, М. Е. Реставрация Висячего сада Малого Эрмитажа / М. Е. Дубровская. – Текст : непосредственный // Жизнь исторических садов и парков в современных условиях : тезисы докладов научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 72–74.
14. Киреева, Т. В. История создания «висячих садов» Рокфеллер центра / Т. В. Киреева. – Текст : электронный // Лесной вестник / Forestry ulletin. – 2018. – Том 22, № 4. – С. 18–26. – doi: 10.18698/2542-1468-2018-4-18-26.
15. Киреева, Т. В. Висячие сады Лондона начала XX века / Т. В. Киреева. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – Москва, 2018. – № 5. – С. 31–36.
16. СП 17.13330.2016. Кровли : свод правил : издание официальное : первая редакция : пересмотр актуализированная редакция СНиП II-26-76. – URL: https://www.nopriz.ru/upload/iblock/ed3/sp_17.pdf?ysclid=l6q0ovjmb1978054294. – Текст : электронный.
17. Киреева, Т. В. Парк «Зарядье»: от концепции до реализации / Т. В. Киреева. – Текст : непосредственный // Ландшафтная архитектура : материалы XIV научно-практической конференции / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. –



Нижний Новгород, 2018. – С. 78–80.

18. Киреева, Т. В. Зеленые кровли Хундертвассера / Т. В. Киреева. – Текст : непосредственный // Ландшафтная архитектура : материалы XVIII научно-практической конференции / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – С. 44–47.

KIREEVA Tatyana Valentinovna, candidate of philosophic sciences, professor of the chair of landscape architecture and landscape construction

CLASSIFICATION OF GREEN AND OPERATED ROOFS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 433-93-92;
e-mail: tkireeva2005@yandex.tu

Key words: classification of green roofs, types of green roofs, green roofs, hanging gardens, landscaping of exploited roof, intensive landscaping, extensive landscaping, semi-intensive landscaping.

The developed "Classification of green roofs" is the starting point for the development of a new direction of green architecture and natural urbanism for Russia. The classification, consisting of four generic features and a developed system of sub-items, in relation to the expanded typology, is represented by a single structure, which for the first time in science gives a clear direction in determining the belonging and characteristics of various kinds and types of green and exploited roofs. The developed classification is an important tool for designers, builders and developers in promoting roof gardening.

REFERENCES

1. Kireeva T. Green Roofs in Russia. Classification and Typology. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/340657436> 10.1088/1755-1315/459/5/052034 (data obrascheniya 03.06. 2022).
2. GOST R 58875-2020. "Zelyonye" standarty. Ozelenyaemye i ekspluatiruemye kryshi zdaniy i sooruzheniy ["Green Standards". Landscaped and operated roofs of buildings and structures]: natsional. stand. Ros. Fed. : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Federal. agentstva po tekhn. regulir. i metrologii ot 28 maya 2020 g. № 245-st. Moscow: Standartinform. 2020, 54 p.
3. Titova N. P. Sady na kryshakh [Roof Gardens] Moscow: OLMA-PRESS Grand, 2002, 112 p. – ISBN 5-94846-049-5.
4. Kireeva T. V. Arkhitekturno-landshaftnoe proektirovanie zelyonoy ekspluatiruемой krovli [Architectural and landscape design of a green operated roof]: uchebnoe posobie. Moscow. TRIUMF. 2019, 112 p. – ISBN 978-5-93673-239-3.
5. Rekomendatsii po proektirovaniyu ozeleneniya i blagoustroystva krysh zhilykh i obschestvennykh zdaniy [Recommendations for the design of landscaping of roofs of residential and public buildings]: prinyaty i vved. v deystvie ukazaniem Moskomarkhitektury ot 18.10.2000, № 43. Moskomarkhitektura. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200006825?ysclid=l6otjmt6dq215005057>.
6. Ozelenyaemye i ekspluatiruemye kryshi zdaniy i sooruzheniy. Tekhnicheskie i ekologicheskie trebovaniya [Landscaped and operated roofs of buildings and structures. Technical and environmental requirements]. – URL: <https://ardexpert.ru/article/13319> (data obrascheniya 03.07. 2019).
7. Oberndorfer E. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. – BioScience. 2007, 823 p.
8. Osmundson T. Roof Gardeus: History, Design and Construction by Theodore Osmundson. –



W.W. 1999, 318 p.

9. Virginia Russell. Classification system proposed for green roofs. – URL: <https://phys.org/news/2013-10-classification-green-roofs.html> (data obrascheniya 08.07. 2021).

10. Gorokhov V. A. Zelyonaya priroda goroda [Green nature of the city] / Moscow: Arkhitektura-S, 2005, 528 p. – ISBN 5-9647-0054-3.

11. Logvinov V. N. Priroda i arkhitektura. Put integratsii [Nature and architecture. Integration path]. Moscow. 2019, 218 p. – ISBN 978-5-4465-2067-1.

12. Le Corbusier. Arkhitektura XX veka / Perevod s fran. V. V. Fryazina. Moscow: Progress. 1977, 303 p.

13. Dubrovskaya M. E. Restavratsiya Visyachego sada Malogo Ermitazha [Restoration of the Hanging Garden of the Small Hermitage] // Zhizn istoricheskikh sadov i parkov v sovremennykh usloviyakh [The life of historical gardens and parks in modern conditions]: tezisy dok. nauch.-prak. konf. Saint-Petersburg, 2012. P. 72–74.

14. Kireeva T. V. Istoriya sozdaniya «visyachikh sadov» Rokfeller centra [The history of the creation of the "hanging gardens" of the Rockefeller Center] // Lesnoy vestnik [Forestry Bulletin], 2018. Vol. 22, № 4. P. 18–26. doi: 10.18698/2542-1468-2018-4-18-26.

15. Kireeva T. V. Visyachie sady Londona nachala XX veka [Hanging Gardens of London of the early XX century] // Sovremennye naukoymkie tekhnologii. Moscow. 2018, № 5. P. 31–36.

16. SP 17.13330.2016. Krovli [Roofs]: svod pravil: pervaya redaktsiya : peresmotr. aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP II-26-76. – URL: https://www.nopriz.ru/upload/iblock/ed3/sp_17.pdf?ysclid=l6q0ovjmb1978054294.

17. Kireeva T. V. Park «Zaryade»: ot kontseptsii do realizatsii [Zaryade Park: from concept to implementation] // Landshaftnaya arkhitektura. Materialy XIV nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018. P. 78–80.

18. Kireeva T. V. Zelyonye krovli Hundertvassera [Green roofs of the Hundertvasser] // Landshaftnaya arkhitektura : materialy XVIII nauch. prak. konf. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2020. P. 44–47.

© Т. В. Киреева, 2022

Получено: 20.06.2022 г.

УДК 725.39

О. В. ТЕРЕБИКИНА, аспирант кафедры архитектурного проектирования

АРХИТЕКТУРА МЕЖДУНАРОДНЫХ АЭРОПОРТОВ В СТИЛЕ ХАЙ-ТЕК

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: +7 (987) 744-26-19;
эл. почта: olgaterebikina@mail.ru

Ключевые слова: архитектура, аэропорты, хай-тек, конструкции, технологии, современная архитектура.

Рассматриваются тенденции формирования аэропортов в стиле хай-тек в новейшей зарубежной архитектуре. Особое внимание уделяется анализу зданий терминалов аэропортов в зарубежных странах XX – XXI вв.

Стиль хай-тек (*hi-tech*, от англ. сл. *high technology* – высокие технологии) представляет собой современное стилистическое направление в мировой



архитектуре и дизайне. Изначально стиль органично реализовался в промышленных сооружениях и различных лабораториях, складских сооружениях, где вопросы эстетики не всегда выходили на первый план. Впоследствии они вышли за рамки чисто прагматичных инженерных сооружений.

В последние десятилетия стиль хай-тек во многом определяет архитектуру международных аэропортов, где применяются открытые металлические конструкции большепролетных перекрытий. Обнаженные, ярко окрашенные (на ранних этапах развития стиля), подчас нарочито акцентированные элементы инженерного оборудования подчеркивают масштабность объемов этих гигантских сооружений, что является характерной чертой данного типа здания. Проектирование и строительство этих сооружений в мировой архитектурной практике связано с творчеством архитекторов – лидеров стиля хай-тек [1].

Отправной точкой эволюции архитектуры международных аэропортов в стиле хай-тек стал аэропорт «Станстед», построенный по проекту британского архитектора Н. Фостера в 1991 г. Аэропорт расположен в районе Атлсфорд в английском графстве Эссекс. Здание аэропорта представляет собой модульную конструкцию из легкого мембранного покрытия на металлическом каркасе. Каждый второй модуль поддерживается «древовидной» структурой из металла, трубчатые элементы которого содержат все инженерные коммуникации. По центру каждого из модулей располагаются световые люки, что создает ощущение, что потолок словно парит в воздухе. Архитектор сознательно возвращается к простой схеме аэропортов первой половины XX века – все пассажирские проблемы решаются в едином уровне входа (рис. 1 цв. вклейки) [2].

Позже по принципу «Станстеда» были построены и другие аэропорты. Например, крупнейший международный аэропорт «Кансай» в японском заливе Осака по проекту архитектора Р. Пиано в 1988–1994 гг. Сооружение стало первым в мире аэропортом, построенным на искусственно созданном острове. Гигантская, но вместе с тем изящная стеклянно-металлическая конструкция аэропорта напоминает либо крыло самолета, либо набегающую океанскую волну и состоит из 82000 металлических панелей, опирающихся на стальной каркас. Опорами здания служат 900 колонн, их техническое состояние круглосуточно контролируют мощные компьютерные системы. Здание было спроектировано так, чтобы выдержать самые мощные землетрясения и тайфуны. «Кансай» был спроектирован как автономное здание-машина (рис. 2 цв. вклейки) [3].

Терминал-4 аэропорта «Барахас» в Мадриде сооружен по проекту британского архитектора Р. Роджерса в 2006 г. Терминал состоит из 3 уровней и представляет собой гигантский сборный каркас из «кубиков» размером 18×9 м. Сборка здания из готовых компонентов-модулей позволяет при необходимости расширить его без больших затрат. Использование стандартных элементов заводского изготовления позволило сэкономить на материалах и отделке, а также ускорить процесс возведения здания. Многие из них были специально спроектированы под этот аэропорт (например, биоморфные вентиляционные выходы, растущие из пола или светильники в форме вьетнамских соломенных шляп). Главной особенностью аэропорта стала волнообразная металлическая крыша, выступающая над самой постройкой. Изнутри она обшита тонкими бамбуковыми пластинами. Ее поддерживают металлические опоры, окрашенные в цвета радуги. Основной несущий элемент – Y-образная опора, собранная из сужающихся сверху металлических труб, которые опираются на бетонные «башмаки». Широкие выступы крыши и дополнительные стальные элементы защищают стены от

перегрева в жаркие летние месяцы (рис. 3 цв. вклейки) [4].

Международный аэропорт «Суварнабхуми» – крупнейший аэропорт Юго-Восточной Азии, расположен в провинции Самутпракан (Таиланд). Построен по проекту американского архитектора Хельмута Яна в 2006 г. Аэропорт представляет собой объем из стекла, стали и мембранного материала – триплекса (многослойное каленое стекло). Главные вестибюли аэропорта выполнены в виде эллиптических объемов с 40-метровыми перекрытиями, крупные панели ламинированного стекла чередуются со специально разработанной мембранной кровельной системой, что позволяет обеспечить оптимальный температурный режим, звукоизоляцию и уровень освещенности здания. Крыша аэропорта состоит из рядов зенитных фонарей диаметром 9 метров. Южные поверхности остроконечных люков покрыты специальными изолирующими металлическими панелями, чтобы минимизировать воздействие солнца, а северные поверхности – керамической фриттой и низкоэмиссионным покрытием, которое обеспечивает необходимый уровень освещения. Над крышей располагается солнцезащитная решетка, состоящая из S-образных жалюзей с алюминиевым покрытием, которые выложены прямоугольником по периметру крыши и защищают от бликов мониторы главного терминала аэропорта (рис. 4 цв. вклейки) [5].

Терминал № 3 аэропорта «Шоуду» в Пекине по проекту Н. Фостера построен в 2008 г. с обращением к азиатским традициям. Крыша аэропорта внешне напоминает горбатую спину лежащего дракона – национального символа Китая. Крыша терминала выполнена в виде сетки из металла и стекла. По принципу построения аэропорт схож с терминалом международного аэропорта «Кансай» в Японии (1988–1994). На ассоциативный образ дракона наложилась и метафора полета, воплощенная в абстрагированном гигантском силуэте самолетного крыла. Протяженный корпус с поперечным разрезом в виде накатывающейся волны получил криволинейность и в продольном направлении. Округлая и лаконичная геометрия здания продолжила линию сформированной конструкции. Мягкие очертания терминала образованы повторением стандартных конструктивных элементов – стальных балок и мембранного покрытия, контуры которых постепенно меняются в соответствии с геометрией здания. Функциональные проблемы и, прежде всего, разведение потоков пассажиров внутренних и международных линий решены расчленением пространства внутри прозрачного «авиаморфного» объема плоскостями четырех этажей. Вдоль здания по внешним его сторонам открываются непрерывные перспективы, значительная протяженность которых создает ощущение динамики здания (рис. 5 цв. вклейки) [6].

Обновленный главный аэропорт Сингапура «Чанги» возведен по проекту израильско-канадского архитектора М. Сафди в 2019 г. Аэропорт представляет собой целый город в виде массивного стеклянного купола, который полностью роботизирован и автономен. На его территории есть несколько ботанических садов, половина из которых находится под крышей и регулируется умной системой климат-контроля. В нем соорудили бассейны на крыше, сад с бабочками, музей, кинотеатры, спа-салоны. Чанги – единственный в мире аэропорт с инсталляцией «Кинетический дождь». Главной достопримечательностью обновленного аэропорта стал самый большой в мире 4-метровый крытый водопад, получивший название «Дождевой вихрь», располагающийся в самом центре купола (рис. 6 цв. вклейки) [7].

Еще один крупнейший аэропорт Китая – «Дасин», выполненный по проекту З. Хадид в 2019 г. в Пекине, представляет собой симбиоз параметрического

**К СТАТЬЕ О. В. ТЕРЕБИКИНОЙ «АРХИТЕКТУРА МЕЖДУНАРОДНЫХ
АЭРОПОРТОВ В СТИЛЕ ХАЙ-ТЕК»**



Рис. 1. Аэропорт «Станстед», графство Эссекс, Великобритания, арх. Н. Фостер, 1991 г.



Рис. 2. Аэропорт «Кансай», Осака, Япония, архитектор Р. Пиано, 1994 г.



Рис. 3. Аэропорт «Барахас», Мадрид, Испания, арх. Р. Роджерс, 2006 г.

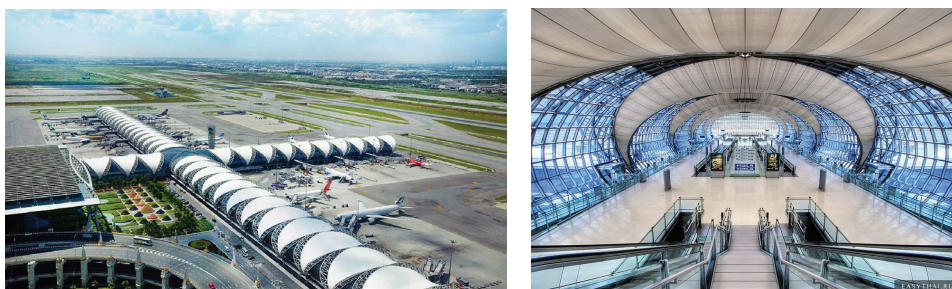


Рис. 4. Аэропорт «Суварнабхуми», провинция Самутпракан, Таиланд, арх. Хельмут Ян, 2006 г.

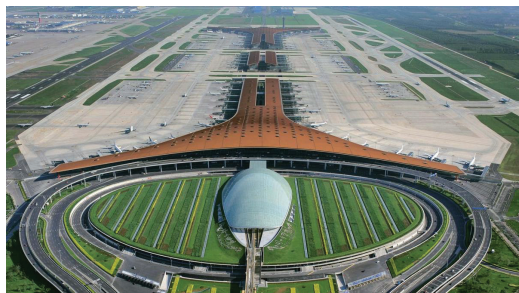


Рис. 5. Аэропорт «Шоуду», Пекин, Китай, арх. Н. Фостер, 2008 г.

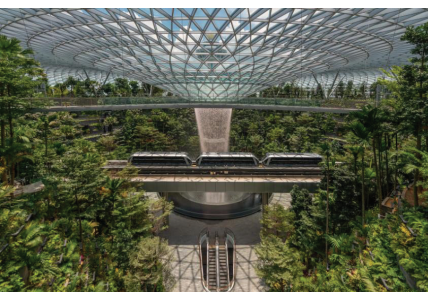
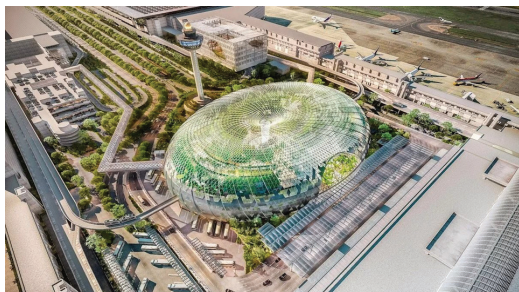


Рис. 6. Аэропорт «Чанги», Сингапур, арх. М. Сафди, 2019 г.

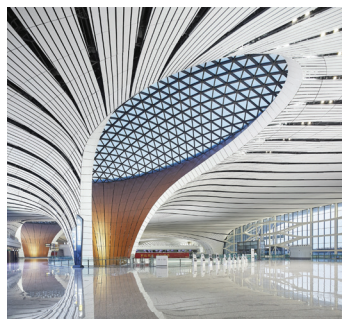


Рис. 7. Аэропорт «Дасин», Пекин, Китай, арх. З. Хадид в 2019 г.



Рис. 8. Аэропорт «Фелипе Анхелес», Мехико, Мексика, арх. бюро *Foster + Partners*, 2020 г.



дизайна и футуристической архитектуры. Аэропорт – сложный инженерный проект, выполненный в форме морской звезды, плавные формы отсылают также к традиционным китайским пейзажам. Конструкция терминала состоит из параболических колонн, которые плавно изгибаются от сводчатого купольного потолка, напоминая фантастические растения, что позволяет отнести это произведение к био-теку (сочетание стиля хай-тек с бионической архитектурой). Световые люки в них пропускают солнечный свет, что позволяет сократить затраты на электроэнергию. «Дасин» имеет центральное ядро, что характерно для традиционных принципов китайской архитектуры. Данная конструкция позволяет минимизировать расстояния между зоной регистрации и выходами на посадку. Аэропорт полностью автономен, питается от солнечных батарей и имеет систему отопления с возможностью возмещения отработанного тепла. Также аэропорт оснащен системой сбора и естественной очистки дождевой воды (рис. 7 цв. вклейки) [8].

Новый международный аэропорт «Фелипе Анхелес» в Мехико сооружен по проекту архитектурного бюро *Foster + Partners* в 2020 г. Образ аэропорта был вдохновлен мексиканской архитектурой и символикой, заимствованной из герба Мексики, на котором изображен орел, пожирающий змею. Здание спроектировано как единая непрерывная и плавно перетекающая структура, единый терминал из решетчатой оболочки с пластичной энергоэффективной крышей. Внутренняя конструкция здания аэропорта состоит из композитных палубных плит и стальных колонн. Все коммуникации, используемые для технического обслуживания, находятся под аэропортом. Аэропорт построен с учетом всех экологических требований, таких как системы сбора дождевой воды, а также в соответствии с высокими тепловыми и акустическими стандартами. (рис. 8 цв. вклейки) [9].

Хай-тек отразил начало новой эпохи, эпохи новых технологий, компьютерной техники и массовых коммуникаций. Проектирование аэропортов отчетливо отражает процесс развития стиля и его новейшие модификации. Современные аэропорты строятся по принципу аэрополисов – мощных кластеров, которые включают в себя всю инфраструктуру городского типа и становятся огромными по территории самостоятельными центрами социальной активности [10].

Архитектуру современных аэропортов создают всемирно известные зодчие – лидеры стиля хай-тек. Их концепции ориентированы и на решение экологических проблем. Эти новационные с точки зрения конструкций здания отличает новая эстетика, это уже не утилитарные и сугубо функциональные сооружения середины XX века. Определяющими эту новую эстетику стали высокие технологии. Сегодня этот стиль отличается своими вариациями, формируя уникальные художественные формы: механоморфные, биоморфные, метафорические и символические, которые поражают воображение не только новационными конструктивными решениями, но и своими ассоциативными образами, демонстрируя устремленность в будущее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фремpton, К. Современная архитектура. Критический взгляд на историю развития / К. Фремpton ; перевод с английского Е. А. Дубченко, под редакцией В. Л. Хайта. – Москва : Стройиздат, 1990. – 327 с. – ISBN 5-274-00223-4. – Текст : непосредственный.
2. Jodio, P. Sir Norman Foster / P. Jodio. – London : Taschen, 2001. – 150 p.
3. Renzo Piano: The art of Making Building. – New York : Royal Academy of Arts, 2018. – 159 p.



4. Richard Rogers: Architecture of the Future. – Boston : Birkhouser, 2006. – 520 с.
5. Safdie Architects Jewel Changi Airport / Safdie Architects. – Images Publishing, 2021. – 164 p.
6. Uffelen, C. Airport Architecture / Chris van Uffelen. – English : Braun Publishing AG, 2012. – 288 p. – ISBN 978-3-03768-104-6.
7. Foster + Partners : сайт. – URL: <https://www.fosterandpartners.com/news/archive/>, (дата обращения: 10.05.22). – Текст : электронный.
8. Заха Хадид: «творчество – это способ осмысления мира». – URL: <https://losko.ru/zaha-hadid-biography/> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст : электронный.
9. Коновалова, Н. А. Современная архитектура мира / Н. А. Коновалова. – 2-е издание. – Москва : Стройиздат, 2020. – 71 с. – ISBN 2500-344521016. – Текст : непосредственный.
10. Adriaenssens, S. Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization / S. Adriaenssens. – New York : Routledge, 2014. – 340 с.

TEREBIKINA Olga Vladimirovna, postgraduate student of the chair of architectural design

ARCHITECTURE OF INTERNATIONAL AIRPORTS IN HIGH-TECH STYLE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel. : +7 (987) 744-26-19;
e-mail: olgaterebikina@mail.ru

Key words: architecture, airport, high-tech, structures, technology, modern architecture.

The article discusses trends in formation of high-tech airports in the latest foreign architecture. Particular attention is paid to the analysis of airport terminal buildings in foreign countries of the XX–XXI centuries.

REFERENCES

1. Frempton K. Sovremennaya arkhitektura. Kriticheskiy vzglyad na istoriyu razvitiya [Modern architecture. A critical look at the history of development]. Per. s angl. E. A. Dubchenko, pod red. V. L. Khayta. Moscow : Stroyizdat, 1990. – 327 p. – ISBN 5-274-00223-4.
2. Jodio P. Sir Norman Foster. – London : Taschen, 2001. – 150 p.
3. Goodwin K., Ciccarelli L. Renzo Piano: The art of Making Building. – New York : Royal Academy of Arts, 2018. – 159 p.
4. Kenneth P. Richard Rogers: Architecture of the future. – Boston : Birkhouser, 2006. – 520 p.
5. Lubell S. Jewel Changi Airport. Safdie Architects. – Images Publishing, 2021. – 164p.
6. Uffelen C. Airport Architecture. Braun Publishing AG, 2012. – 288 p. – ISBN 978-3-03768-104-6.
7. Foster + Partners official website. URL: <https://www.fosterandpartners.com/news/archive/>, (data obrascheniya 10.05.2022).
8. Konovalova N. A. Sovremennaya arkhitektura mira [Modern architecture of the world]. 2-e izd. Moscow : Stroyizdat, 2020. – 71 p. – ISBN 2500-344521016.
9. Zaha Hadid: tvorchestvo – eto sposob osmysleniya mira [Creativity is a way of making sense of the world]. URL: <https://losko.ru/zaha-hadid-biography/> (data obrascheniya: 10.05. 2022).
10. Andreasesans S. Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization. New York: Routledge, 2014. – 340 p.

© О. В. Теребикина, 2022

Получено: 20.06.2022 г.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 725.5

Д. А. ПИРОГОВ, аспирант кафедры архитектурного проектирования

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТИПОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ПЕРИОДЫ КАТАСТРОФ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-83, 910-798-76-99; эл. почта: daniilspirogov@yandex.ru

Ключевые слова: быстровозводимая архитектура, объекты социальной инфраструктуры, катастрофы, архитектурная типология, технология строительства.

Анализируются изменения характеристик архитектурной типологии объектов социальной инфраструктуры при проектировании для нестандартных экстренных ситуаций. Архитектура быстрого реагирования – уникальное явление, имеющее свои отличительные черты на всех уровнях: от градостроительного до архитектурно-художественного.

Введение

Подход к проектированию зданий и сооружений в условиях катастроф, а также условия и требования к возводимым объектам имеют свои уникальные характеристики. Архитектура быстрого реагирования выделяется чистотой решений и высоким уровнем рационализма. В условиях катастроф и стихийных бедствий сложившиеся типологические модели трансформируются, приобретая новые свойства и отбрасывая лишние. В данной статье исследуются общие тенденции преобразования, изменения и переосмысления архитектурных типологий объектов социальной инфраструктуры (далее ОСИ), проектируемых с принципом быстровозводимости, модульности и функциональной адаптивности [1].

В ходе анализа отечественной и зарубежной практики были выявлены и обобщены основные изменения планировочных, функциональных и конструктивных характеристик объектов социальной инфраструктуры при переходе из сложившихся типологических моделей к условиям архитектуры быстрого реагирования. Следует отметить, что эти изменения зависят от ряда факторов: конкретная типология, характер и масштаб катастрофы, регион, экономические и политические обстоятельства в конкретной сложившейся ситуации. В данной статье стоит задача выделить основные характерные особенности «перехода» и трансформации сложившихся типологических моделей в архитектуру катастроф.

Основные типологические характеристики быстровозводимых объектов социальной инфраструктуры (БОСИ)

1. Первым и самым характерным признаком изменения функциональной логики БОСИ можно обозначить *отказ от «промежуточных» пространств* [2]. Важным критерием быстровозводимой архитектуры в условиях катастроф является *экономичность* как при строительстве, так и при эксплуатации. Поэтому при сохранении профильных функциональных зон, а также технических и вспомогательных происходит сокращение рекреационных, а также «промежуточных» буферных пространств [3]. Площади таких помещений сводятся



до минимума, при этом важным фактором все еще остается грамотное разведение потоков, точное и выверенное размещение функциональных зон. Ключевой становится задача сокращения длительности путей каждого типа пользователей пространства.

Следует отметить, что архитектура быстрого реагирования своим существованием (и появлением) обозначает, что сложились такие непредвиденные и недопустимые условия, которых в стабильном мире существовать не должно. Это влечет за собой еще один фактор – при разработке функционально-планировочной структуры эффективность и логическая оправданность решений становятся более важной задачей, чем удовлетворение актуальным нормативным документам обязательного и рекомендательного характера. Таким образом, БОСИ с этой точки зрения могут иметь ряд допущений, которые в повседневной практике возможны только в случае проведения особого комплекса мероприятий или получения специальных технических условий.

2. Следующим важным критерием является *простота изготовления, транспортировки и монтажа конструкций* быстровозводимых объектов. Вследствие этого можно выделить параметр максимальной унификации и типизации конструктивных и отделочных элементов, а также инженерных систем [4].

Можно выделить несколько типов конструктивных систем для быстровозводимых объектов:

- каркасно-щитовой метод;
- каркасная система из ЛСТК;
- метод несъемной опалубки; каркасно-тентовый метод;
- быстровозводимые блочно-модульные здания [5];
- пневматические конструкции.

Каждая из упомянутых конструктивных систем во многом диктует планировочную структуру будущего объекта. Именно поэтому при проектировании БОСИ четкое понимание конструктивной системы необходимо еще на стадии концепции и первых функциональных схем.

Также при проектировании быстровозводимых объектов важно изначально детально продумывать логику этапности строительства: от изготовления и транспортировки конструктивных элементов до установки и монтажа [6].

Исходя из этого, можно выделить четыре типа сборки элементов:

- предварительно собранные модули (чаще всего это отдельные помещения или функциональные блоки таких габаритов, чтобы можно было осуществить транспортировку на доступных видах транспорта в необходимые сроки) [5];
- плоскостные модульные конструкции (сборка происходит на местности);
- сборка на местности (конструктивные элементы доставляются на строительную площадку в разобранном виде и собираются согласно схеме монтажа);
- пневматические конструкции (доставляются на площадку в свернутом виде, приводятся в проектное положение на местности) [7].

Типологические особенности объектов социальной инфраструктуры откладывают свой отпечаток на выбор конструктивной системы, а также на выбор логистического сценария производства объекта. Ключевыми факторами при принятии этого решения являются также тип катастрофы и ее масштаб.

Для каждой конкретной типологии актуален свой тип конструктивной системы. Например, в случае с быстровозводимыми школами (учитывая время пребывания и планировочную структуру) вероятнее всего потребуются каркасная или блочно-



модульная система [8], а в случае с большепролетным общественным центром или с полевым госпиталем, который должен иметь возможность менять масштаб или передислоцироваться, логичнее применять пневматические конструкции.

3. Применение доступных материалов. В ряде случаев в силу экономических причин либо в силу характера стихийных бедствий и иных обстоятельств, транспортировка материалов и конструктивных элементов для изготовления быстровозводимых объектов невозможна.

Поэтому зачастую архитекторы вынуждены использовать доступные материалы в регионе строительства. Можно достаточно в общих чертах их классифицировать:

- использование локальных природных материалов (камень, дерево, глина, песок, галька);
- элементы антропогенного происхождения, не предназначенные для возведения зданий (мешки с наполнителем, контейнеры, картон, пластик, покрышки);
- переустройство объектов, пострадавших от стихийных бедствий, использование конструктивных и отделочных элементов разрушенных зданий для вновь возводимых;
- возведение объектов социальной инфраструктуры из конструкций, предназначенных для технических нужд (транспортировочные контейнеры, вагоны железнодорожных составов, иные площадные и объемные элементы транспорта).

Использование материалов согласно последним двум пунктам не подразумевают наличия архитектурно-художественного решения, а скорее являются крайней вынужденной мерой, где помимо попытки реализовать необходимое функциональное зонирование, внимания всем остальным аспектам, присущим архитектурному объекту, не уделяется.

В случае использования в качестве материала строительства бытовых отходов, полученных в результате человеческой деятельности, можно увидеть задачу не только архитектурную, но и экологическую – за отсутствием возможности применить новые готовые строительные материалы при возведении объекта одновременно происходит вторичное использование материалов [4]. Например, в качестве характерного примера можно привести школу в Гватемале, где вместо кирпича в качестве заполнителя стенового каркаса использовали пластиковые бутылки. Такую идею подала некоммерческая организация *Hug It Forward*.

4. Возможность изменения или дополнения функционального назначения объекта (группы объектов). Объекты социальной инфраструктуры, удовлетворяющие данному критерию, должны обладать такими планировочными характеристиками, чтобы в случае необходимости дополнить, скорректировать или изменить функциональное наполнение объекта. Гибкость планировочных решений может выражаться не только в универсальности отдельных создаваемых пространств, но и в особенностях группировки помещений [9]. Исходя из требуемых для определенной типологии объемно-пространственных характеристик, можно найти общие для типологий черты и объединить их по ряду признаков.

Данная особенность, в отличие от упомянутых, больше всего зависит от конкретной архитектурной типологии, характера и масштаба катастрофы.

В отличие от жилой архитектуры объекты социальной инфраструктуры всегда связаны с грамотным разведением потоков, делением на выраженные функциональные блоки. В условиях экстремальных ситуаций и катастроф этот



критерий становится особенно важным.

Гибкость планировочной структуры БОСИ можно проиллюстрировать на примере конкретных приемов, применяемых в быстровозводимых школах. Одни и те же классы могут иметь мобильную планировку, за счет модульного оборудования и универсальных габаритов помещения частично менять свое предназначение. Также возможно наличие пространств, по площади превосходящих отдельные классы и используемых как актовые залы, а в случае необходимости изоляции может осуществляться временное разграничение перегородками. Если речь идет о быстровозводимых школах на территориях с нестабильной политической, социальной или природной обстановкой, особое внимание уделяется вопросам эвакуации, а также устойчивости при пожарах и иных внешних угрозах.

5. Разработка сценария полного цикла жизни объекта. Такой подход обязывает еще на стадии проектирования предусмотреть безболезненную полную или частичную утилизацию объекта (группы объектов). Помимо простоты сборки и разборки БОСИ следует предусматривать высокую степень экологичности в случае полной утилизации [10]. Однако наиболее вероятным сценарием жизненного цикла объекта является все-таки частичная утилизация с возможностью переработки строительных отходов во вторичные ресурсы с последующим их использованием в строительной и дорожно-строительной отраслях [11].

6. Специфика архитектурно-художественных особенностей БОСИ

Новаторство художественного языка архитектуры катастроф складывается из совмещения архитектурных типологий и конструктивных систем, для них несвойственных [12]. В стабильно развивающемся мире не может возникнуть школа, созданная из пневматических конструкций; так же, как не может возникнуть вокзал или рынок из модульной пространственной структуры. Проектирование для стабильных условий, как правило, имеет сложный, обогащенный дополнительными функциями и требованиями запрос. Архитектура катастроф характерна чистыми, простыми и максимально экономичными решениями.

На первый взгляд, с архитектурно-художественной точки зрения отличие исследуемых объектов от всей архитектуры, проектируемой для стабильных условий, главным образом заключается в отсутствии художественной мысли как таковой. Однако, если посмотреть на этот вопрос под другим углом, именно такие условия могут представлять собой широкое, плодородное поле для экспериментов архитекторов, проектирующих сегодня [13]. Эта та область архитектуры, в которой эстетические требования априори отсутствуют, и, следовательно, именно в таких проектах могут реализоваться смелые, концептуально выверенные, во многом футуристичные, но при этом исключительно функциональные и дешевые объекты. В погоне за максимально эффективными планировочными и функциональными решениями могут получаться выразительные, но при этом в привычном понимании неэстетичные, во многом гиперболизированные, пространственно богатые композиции.

Важным моментом также является работа с контекстом. При рассмотрении быстровозводимых объектов во временных поселениях чаще всего архитекторы имеют дело с природным контекстом и возможно с минимальным, исключительно утилитарного характера благоустройством. Хочется обратить внимание на тот факт, что в условиях катастроф, разумеется, речи о работе архитектора с контекстом не идет. Однако построенные объекты все-таки в данном контексте существуют. Если посмотреть на это явление с композиционных, архитектурно-художественных и концептуальных точек зрения, временное поселение (при



полном отсутствии какого-либо эстетического замысла) существует в природном контексте и представляет собой ансамблевую композицию, которая так или иначе работает с контекстом, полностью в него погружившись, и в совокупности с жизнедеятельностью поселившихся там людей несет в себе свой эстетический посыл [14].

В экспериментальных объектах западных архитекторов для жителей Ближнего Востока и Африки архитекторы нередко обращаются к локальным традиционным технологиям строительства, переосмысляя символичные культурные элементы в структуры, дополняющие функциональное назначение здания. Архитектура, по эстетике напоминающая, с одной стороны, самострой [13], к которым не прилагал руку проектировщик, а с другой стороны, отсылающая к концепциям известных архитекторов, обращающихся к проблематике локального, нащупывает тонкую грань в попытках обозначить свое уникальное место в стилистическом спектре [15].

Все перечисленные примеры, во многом абстрактные и общие, характеризуют разнородное, сложное, неочевидное полотно приемов, которые могли бы в будущем стать самостоятельным архитектурно-художественным языком.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования было выявлено, что архитектура БОСИ не может иметь те же характеристики, что и объекты данных архитектурных типологий в условиях проектирования в стабильных условиях. Выделены общие характерные приемы, применяемые в условиях катастроф и кризисов:

- уменьшение площадей рекреационных, буферных и коммуникационных пространств;
- жесткая взаимосвязь планировочной структуры и применяемой конструктивной системы;
- гибкость планировочной структуры и возможность скорректировать или изменить функциональное назначение объекта;
- продумывание на стадии проектирования полного цикла здания (в том числе разработка вариантов утилизации объекта);
- использование нетипичных для строительства в нормальных условиях локальных материалов.
- поиск новых, экспериментальных форм выражения художественного языка архитектуры, выстраивание эстетических концепций на грани с утилитарной архитектурой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рюрикова, З. А. Тенденции развития временных сооружений общественного назначения в среде большого города / Дисс. на соиск. уч. ст. канд. арх., М: МАРХИ, 2009.
2. Дущев, М. В. Концепция промежутка в современной архитектуре / М.В. Дущев // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. Н. Новгород, 2010.
3. Гельфонд, А. Л. Общественное здание и общественное пространство. Дуализм отношений // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschestvennoe-zdanie-i-obschestvennoe-prostranstvo-dualizm-otnosheniy> (дата обращения: 18.04.2022).
4. Опарина, Л. А. Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. 2014. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-podhod-k-organizatsii-zhiznennogo-tsikla-energoeffektivnyh-zdaniy> (дата обращения: 01.05.2022).



5. Санникова, Г. А. Особенности технологии строительства быстровозводимых зданий и сооружений // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral", 2018.
6. Адам, Ф. М. Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий: дис. канд. техн. наук / Ф. М. Адам. – СПб.: СПбГАСУ, 2001.
7. Пшеничникова, К. А. Принципы формирования архитектурных объектов медицинского назначения на основе пневматических конструкций в условиях пандемии и постпандемический период // Наука, образование и экспериментальное проектирование, 2021.
8. Талецкая, Ю. А. Применение системы функциональных блок-модулей в современных проектах детских досугово-развлекательных центров // Урбанистика, 2019.
9. Гельфонд, А. Л. Архитектура общественных зданий : электронный учебник для студентов вузов / А. Л. Гельфонд; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2022/
10. Би Синь. Особенности объектов архитектуры во временном лагере для размещения пострадавших от землетрясений // Вестник полоцкого государственного университета, 2009.
11. Дрозд, Д. Я. Переработка и утилизация разрушенных войной строительных объектов в Донбассе // Дрозд Д. Я., Хвортова М. Ю. // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля, 2017.
12. Шклярник, Е. Н. Временная архитектура как визуальный текст // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2015. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vremennaya-arhitektura-kak-vizualnyy-tekst> (дата обращения: 02.05.2022).
13. Красилов, Л. А. Традиции альтернативной «Архитектуры без архитектора». Архитектура протеста // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016.
14. Репина, Е. А. Спонтанность в творческом методе современной архитектуры: автореф. дис. ... к. арх.: 18.00.01. Нижний Новгород, 2009.
15. Долгова, Е. Д. Эстетика анонимной архитектуры // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2016.

PIROGOV Daniil Aleksandrovich, post-graduate student of the Department of Architectural Design

TRANSFORMATION OF TYPOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOCIAL INFRASTRUCTURE OBJECTS DURING A CATASTROPH

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Il'inskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83, +7 910 798 76 99; e-mail: daniilspirogov@yandex.ru

Key words: prefabricated architecture, social infrastructure facilities, disasters, rapid response architecture, architectural typology, building technology, renewable materials, reuse.

The article analyzes the changes in the characteristics of the architectural typology of social infrastructure objects when designing for non-standard, emergency situations. Rapid response architecture is a unique phenomenon that has its own distinctive features at all levels: urban planning, architectural and artistic aspect.

REFERENCES

1. Ryurikova Z. A. Tendencii razvitiya vremennyh sooruzhenij obshchestvennogo naznacheniya v srede bolshogo goroda [Trends in the development of temporary public buildings in the environment of a large city] / Diss. for the competition uch. Art. cand. arch., M.; MARCHI, 2009.
2. Dutsev M. V. Konceptiya promezhutka v sovremennoj arhitekture [The concept of a gap in modern architecture] / M.V. Dutsev // Privolzhskij nauchnyj zhurnal [Privolzhsky scientific journal] / Nizhegor. state architecture.-builds. un-t. N. Novgorod, 2010.
3. Gelfond A. L. Obshchestvennoe zdanie i obshchestvennoe prostranstvo. Dualizm



otnoshenij [Public building and public space. Dualism of relations] // Academia. Architectura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschestvennoe-zdanie-i-obschestvennoe-prostranstvo-dualizm-otnosheniy> (date of access 18.04.2022).

4. Oparina L. A. Sistemnyj podhod k organizacii zhiznennogo cikla energoэффективных зданий [A systematic approach to the organization of the life cycle of energy efficient buildings] // Zhilishchnoe stroitelstvo. 2014. No. 8. [Housing construction 2014. №. 8.] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-podhod-k-organizatsii-zhiznennogo-tsikla-energoeffektivnyh-zdaniy> (date of access: 01.05.2022)/.

5. Sannikova G. A. Osobennosti tekhnologii stroitelstva bystrovovodimyh zdaniy i sooruzhenij [Features of the construction technology of prefabricated buildings and structures] // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tekhnologii "Integral" [International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral"], 2018.

6. Adam, F. M. Sovershenstvovanie tekhnologii stroitelstva modulnyh bystrovovodimyh maloetazhnyh zdaniy: dis. kand. tekhn. nauk [Improving the construction technology of modular prefabricated low-rise buildings: dis. cand. tech. Sciences] / F. M. Adam. - St. Petersburg: SPbGASU, 2001.

7. Pshenichnikova K. A. Principy formirovaniya arhitekturnyh obektov medicinskogo naznacheniya na osnove pnevmaticheskikh konstrukcij v usloviyah pandemii i postpandemicheskij period [Principles of formation of architectural medical facilities based on pneumatic structures in a pandemic and post-pandemic period] // Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie [Science, education and experimental design], 2021.

8. Taletskaya Yu. A. Primenenie sistemy funkcionalnyh blok-modulej v sovremennyh proektah detskih dosugovorazvlekatel'nyh centrov [Application of a system of functional block modules in modern projects of children's leisure and entertainment centers] // Urbanistika [Urbanistics] 2019.

9. Gelfond A. L. Arhitektura obshchestvennyh zdaniy : elektronnyj uchebnik dlya studentov vuzov [Architecture of public buildings: an electronic textbook for university students]/ A. L. Gelfond; Nizhegorodskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitelnyj universitet [Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering]- Nizhny Novgorod: NNGASU, 2022.

10. Bi Xin. Osobennosti obektov arhitektury vo vremennom lagere dlya razmeshcheniya postradavshih ot zemletryasenij [Features of architectural objects in a temporary camp for the accommodation of victims of earthquakes] // Vestnik polocskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Polotsk State University], 2009.

11. Drozd D.Ya. Pererabotka i utilizaciya razrushennyh vojnoj stroitelnyh obektov v Donbasse [Processing and utilization of war-destroyed construction sites in Donbass] // Drozd D. Ya., Khvortova M. Yu. // Vestnik Luganskogo nacionalnogo universiteta imeni Vladimira Dalja [Bulletin of the Volodymyr Dahl Lugansk National University], 2017.

12. Shklyarik E. N. Vremennaya arhitektura kak vizualnyj tekst [Temporal architecture as a visual text] // Almanah Prostranstvo i Vremya. 2015. № 1. [Electronic scientific publication Almanac Space and Time. 2015. № 1] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vremennaya-arhitektura-kak-vizualnyy-tekst> (date of access: 02.05.2022).

13. Krasilova L. A. Tradicii alternativnoj «Arhitektury bez arhitekтора». Arhitektura protesta [Traditions of alternative "Architecture without an architect". Architecture of protest] // Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitelstvo. Nedvizhimost [Izvestiya vuzov. Investments. Construction. The property] – 2016.

14. Repina E. A. Spontannost' v tvorcheskome metode sovremennoj arhitektury [Spontaneity in the creative method of modern architecture] Ph.D. dis. ... to. arch.: 18.00.01. Nizhny Novgorod, 2009.

15. Dolgova E. D. Estetika anonimnoj arhitektury [Aesthetics of anonymous architecture] // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Urban planning and architecture]. – 2016.

© Д. А. Пирогов, 2022

Получено: 28.05.2022 г.



Д. А. ПИРОГОВ, аспирант кафедры архитектурного проектирования

АРХИТЕКТУРА ДЛЯ БЕЖЕНЦЕВ. ОБЪЕКТЫ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-83; +7 910-798-76-99; эл. почта: daniilspirogov@yandex.ru

Ключевые слова: быстровозводимая архитектура, объекты социальной инфраструктуры, беженцы, временная архитектура, архитектура быстрого реагирования.

Анализируются характерные особенности объектов социальной инфраструктуры для беженцев на градостроительном и функционально-планировочном уровнях. Также особое внимание уделяется разным подходам при проектировании объектов социальной инфраструктуры для беженцев – комплексному (стратегическому) и экспериментальному.

Введение

Социальные и политические кризисы всегда являлись важнейшим типом катастроф, влияющим на изменение подходов к формированию архитектуры быстрого реагирования. Главное следствие подобных кризисов, помимо экономического и физического ущерба для пострадавших регионов, – это незащищенные слои населения, подвергшиеся полному изменению условий существования. Именно они в первую очередь покидают свою страну и становятся беженцами. По данным ООН, на 2020 год в мире было зарегистрировано 79,5 млн беженцев. С точки зрения устройства современных городов и поселений, проблема беженцев во всем мире является до сих пор нерешенной. В XX веке организовывались многочисленные попытки найти универсальный ответ этому сложному неочевидному вопросу [1]; многие из попыток только ожесточили ситуацию и не смогли добиться должных результатов, а некоторые – успешно реализовались, но не превратились в отлаженную четкую методологию.

Для городских управленцев проблема беженцев всегда предшествовала изменениям в градостроительной политике, для архитекторов-проектировщиков это новый вызов и возможность переосмыслить архитектурные и типологические особенности объектов, являющихся следствием кризисов [2]. Следует отметить, что несмотря на многочисленные попытки архитекторов и исследователей всего мира осмыслить эту проблему с научной и практической точек зрения, на данный момент во многих странах она все еще не является комплексно решенной.

В новейшей истории беженцы являются одной из ключевых проблем, особенно в странах Европы, куда на протяжении десятилетий прибывают жители стран Ближнего Востока и Африки.

Следует подробнее отнестись к конкретным архитектурным типологиям, требующим немедленного внимания. Когда речь идет о беженцах, главным и первостепенным является наличие жилья и объектов социальной инфраструктуры.

Тема жилья для беженцев подробно рассмотрена мировым научным сообществом, в этой типологии регулярно появляются новые проекты и постройки, из года в год проводятся как локальные, так и всемирные архитектурные конкурсы [3], в то время как типология объектов социальной инфраструктуры для беженцев рассмотрена не так подробно [4]. На данный момент отсутствует комплексное



системное решение в данном вопросе.

Архитектура для беженцев – основные принципы и характеристики

Для полноценного понимания особенностей архитектурного формирования быстровозводимых объектов социальной инфраструктуры (далее – БОСИ) для беженцев следует рассмотреть данный вопрос на разных уровнях.

Рассматривая роль БОСИ в градостроительном контексте, можно выявить два принципиально разных варианта их размещения в структуре населенного пункта [5]. В первом случае группа объектов, включающая в себя школу, детский сад, госпиталь и комьюнити-центр (в некоторых случаях, культовое сооружение), является функциональным ядром лагеря беженцев (рис. 1 цв. вклейки). Размещение такого ядра чаще всего связано с равноудаленным расположением от него жилых групп либо приближается к въезду в лагерь [6]. В ситуациях особенно острого кризиса, требующего принятия максимально быстрых мер и полной экономии, лагеря беженцев могут размещаться не на открытом воздухе, а внутри больших залых пространств общественных и промышленных зданий (рис. 2 цв. вклейки).

Во втором случае объекты БОСИ рассредоточиваются в структуре многофункциональных районов сложившегося города. Рассматривая данный вариант, следует заметить, что БОСИ для беженцев деликатно встраиваются в уже сложившуюся градостроительную сетку, дополняя ее и «заполняя» пробелы в городской ткани, не меняя при этом сложившийся градостроительный контекст. В ситуации высокой плотности нередко происходит совмещение нескольких типологических единиц в одно единое здание. Например, школа и детский сад могут быть совмещены и посменно менять функциональное назначение (рис. 3 цв. вклейки). Также в этом же объекте могут проходить эпизодически общественные собрания и встречи. Такие особенности функциональных сценариев во многом диктуют требуемую универсальность объемно-пространственных и функционально-планировочных решений, наличие «общих» пространств, в которые могут безболезненно включаться различные функции. В частности, залное пространство или амфитеатр могут эпизодически играть роль актового зала школы и детского сада (места для общественных собраний), площадку для культурно-событийной программы (выставочного пространства) [7]. Нередко для беженцев важно наличие объектов культового назначения. В условиях плотной застройки объекты религиозного назначения могут трансформироваться в моленную комнату и также интегрироваться в многофункциональный комплекс.

В данной статье также рассмотрены разные подходы к проектированию быстровозводимых объектов социальной инфраструктуры (далее – БОСИ) для беженцев.

С одной стороны, в ходе исследования был проанализирован ряд случаев, когда разработка проектов БОСИ для беженцев имеет комплексный подход, рассматривающий сначала общие вопросы, вырабатывающий свою систему работы над проектом, и только потом переходящий к детальной проработке. Такой подход имеет свои плюсы и минусы. Из очевидных положительных черт можно выявить тщательное продумывание сценариев использования, попытку избежать многих ошибок при строительстве и качественно продуманный проект как таковой. Минусом является вероятность излишней теоретизации проектных решений и потенциальная их неэффективность на практике. Также в условиях катастроф реализация качественного проекта не всегда возможна по финансовым причинам.

С другой стороны, встречаются интересные примеры, когда проектирование

**К СТАТЬЕ Д. А. ПИРОГОВА «АРХИТЕКТУРА ДЛЯ БЕЖЕНЦЕВ.
ОБЪЕКТЫ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ»**

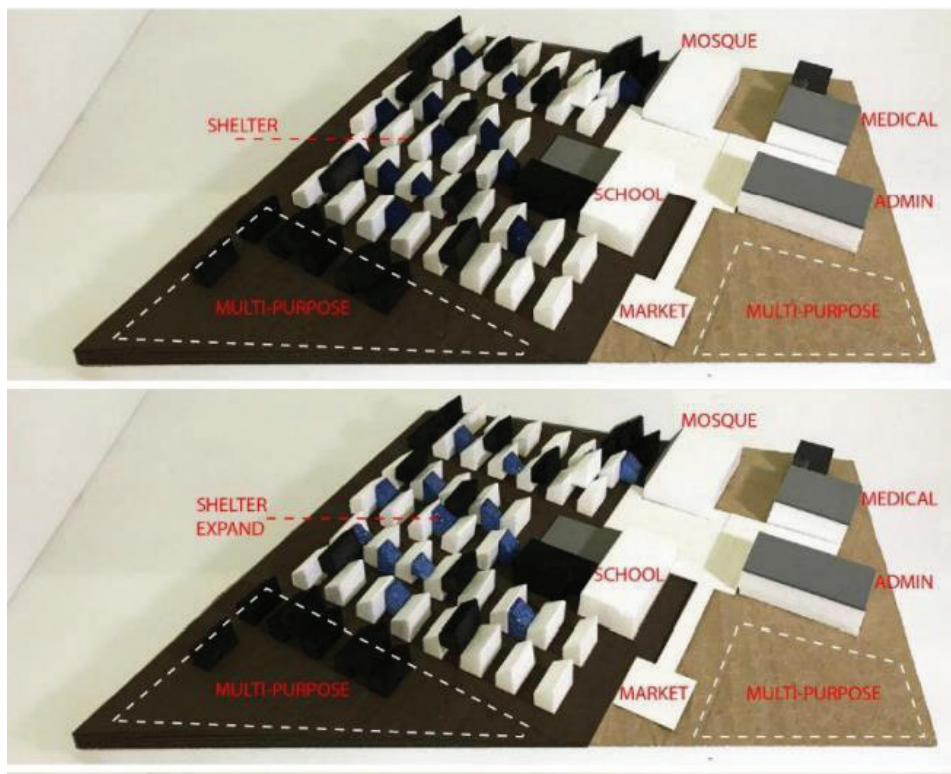


Рис. 1. Пример группировки БОСИ в лагере беженцев. Проектное предложение в рамках магистерской диссертации. Наттапон Ванрико. Университет Силпакорн, 2018 г.

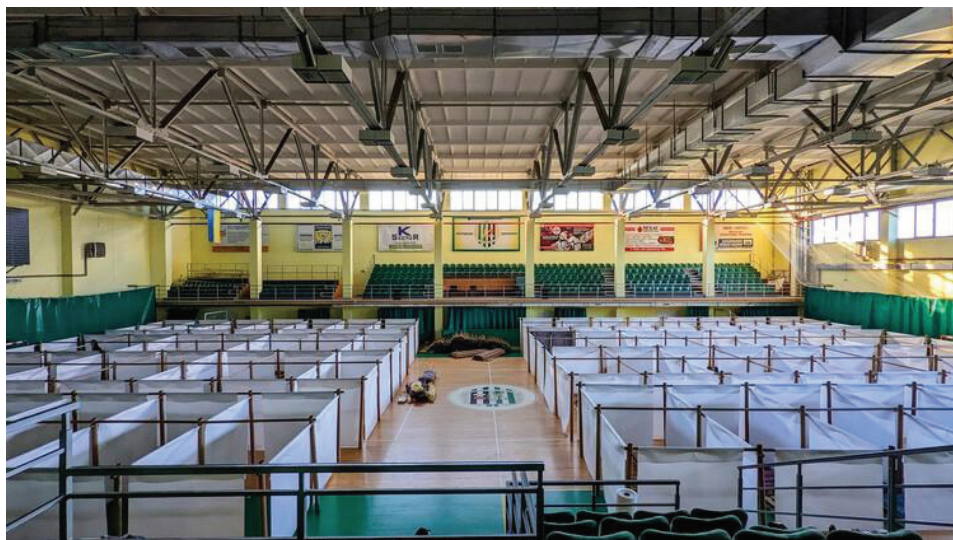


Рис. 2. Модули для беженцев из картонных труб. Шигеру Бан, Польша, 2022 г.

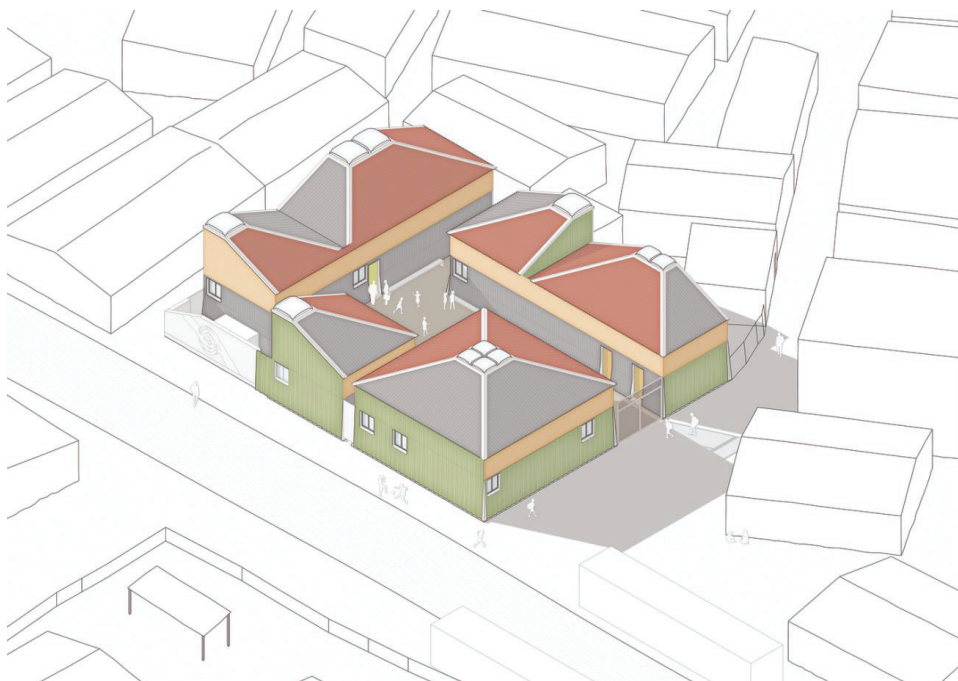


Рис. 3. Школа Джарахия для сирийских детей-беженцев в Ливане, проект авторства *CatalyticAction*, 2017 г.



Рис. 4. Лагерь беженцев Заатари, Иордания, проект авторства *Emergency Architecture & Human Rights*, 2017 г.

имеет экспериментальную основу и практически сразу переходит в реализацию с минимальным бюджетом и использованием местных материалов [8]. Нередко при таком подходе в процесс строительства могут быть вовлечены местные жители, что в ряде случаев является положительным опытом – будущие пользователи чувствуют свою личную причастность к новому пространству, что может позитивно сказаться на грамотной эксплуатации объекта и возможного ремонта в будущем. Явным положительным моментом при таком подходе является сам факт апробации проекта с минимальными затратами. Такой метод может быть использован для строительства пилотных проектов небольшого масштаба. Отрицательной чертой такого подхода является возможная недолговечность такого объекта, а также явные ограничения по масштабу и типологии. Так может быть построен детский сад или маленькая школа.

Характерным примером такой практики может послужить комьюнити-центр для сирийских детей (рис. 4 цв. вклейки) авторства *Emergency Architecture*, реализованный при поддержке фонда *Human Rights* [9]. Объект построен из мешков с песком в кратчайшие сроки. Традиционные символичные выступающие элементы на «оболочке» здания, во-первых, стали игровой площадкой, по которой можно перемещаться, а во-вторых, обеспечили световые люки в помещение.

Зачастую ключевой особенностью являются особенности сборки, иногда важным нововведением является предлагаемая архитекторами технология изготовления или использование конкретного материала. В некоторых случаях конструктивная система здания изготавливается согласно проекту и привозится на площадку в виде собранных модулей, но при этом в качестве отделки используются локальные природные материалы (рис. 4 цв. вклейки). Проект школы *MOVING* был создан компанией *Building Trust* для создания общественных и школьных зданий для обслуживания беженцев и мигрантов, проживающих на тайско-бирманской границе. Проекту предшествовал архитектурный конкурс, в котором победителями стали Амадео Беннетта и Дэн ЛаРосса. Конструкция здания позволила многократно строить и разбирать школу, а также многократно строить из-за отсутствия прав на землю для перемещенных бирманских общин [7].

Заключение

Таким образом, можно прийти к выводу, что архитектура БОСИ для беженцев имеет свои особенности на всех уровнях:

- на градостроительном уровне БОСИ для беженцев могут как выполнять роль функционального ядра в лагере для беженцев и объединяться в единый комплекс, так и интегрироваться в застройку существующего населенного пункта, заполняя «пустоты» в городской ткани;
- на функциональном и планировочном уровне БОСИ для беженцев должны отвечать требованиям универсальности и функциональной гибкости, должны присутствовать все возможности для регулировки и изменения изначально заложенного сценария.

Особенно важно отметить разницу двух рассмотренных в статье подходов к проектированию БОСИ: в первом случае – стратегический, последовательный и системный, начинающийся с больших предварительных исследований, разработки стандартов и ряда типовых БОСИ с последующей адаптацией. Во втором случае рассматривается экспериментальный подход, подразумевающий дешевизну и кратчайшие сроки реализации.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдеенко, А. С. Социальная адаптация беженцев и вынужденных переселенцев к новой социальной среде // А. С. Авдеенко, Э. Ф. Ибрагимова, Е. В. Соболева. – Текст : непосредственный // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области 2017. – Том 1, № 2 (17).
2. Белал, А. А. Градостроительное восстановление исторических центров сирийских городов, разрушенных войной / А. А. Белал, Е. В. Щербина, А. Салмо ; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ). – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2020. – Том 15, № 5. – С. 632–640.
3. Аширова, М. В. Архитектура быстрого реагирования: концепция временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций / М. В. Аширова, Г. Н. Айдарова. – Текст : электронный // Известия КазГАСУ. – 2016. – № 2 (36). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-bystrogo-reagirovaniya-kontseptsiya-vremennogo-mobilnogo-zhilya-v-usloviyah-chrezvychaynyh-situatsiy> (дата обращения: 08.05.2022).
4. Петрова, Е. А. Проектирование образовательной среды дошкольной организации, реализующей инклюзивную практику / Е. А. Петрова, Т. И. Юрченко. – Текст : электронный // Воспитание и обучение детей младшего возраста : сборник материалов ежегодной международной научно-практической конференции. – 2015. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-obrazovatelnoy-sredy-doshkolnoy-organizatsii-realizuyushey-inklyuzivnuyu-praktiku> (дата обращения: 09.05.2022).
5. Особенности развития и строительства объектов социальной инфраструктуры / В. Е. Морозов, А. В. Крапива, К. С. Петров, М. С. Можаров. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 1 (61). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-i-stroitelstva-obektov-sotsialnoy-infrastruktury> (дата обращения: 08.04.2022).
6. Nattapon, Vanriko. Architecture for Refugees: Rohingya. Master's thesis / Nattapon Vanriko ; Graduate School Silpakorn University. – Thailand, 2018.
7. Иванова, З. И. Проблемы интеграции детей мигрантов / З. И. Иванова, Д. Дзятко. – Текст : непосредственный // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании : сборник материалов Международной научной конференции 16-17 ноября 2016 г., г. Москва / Московский государственный строительный университет. – Москва, 2017.
8. Architecture for refugees, resilience shelter project: A case study using recycled skis / Graziano Salvalaia, Marco Imperadoria, Federico Luminaa, Elisa Muttia, Ilaria Polesea // International High- Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference. – 2016. – Series (SBE16), iHBE.
9. 100 Classrooms for Refugee Children // Emergency Architecture & Human Rights. – 2017. – September 29. – URL: <https://www.archdaily.com/city/zaatari-village>.

PIROGOV Daniil Aleksandrovich, post-graduate student of the chair of architectural design

ARCHITECTURE FOR REFUGEES. SOCIAL INFRASTRUCTURE OBJECTS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Ijinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-17-83; +7 910-798-76-99; e-mail: daniilspirogov@yandex.ru

Key words: prefabricated architecture, social infrastructure facilities, refugees, temporary architecture, rapid response architecture.



The article analyzes the characteristic features of social infrastructure facilities for refugees at the urban planning and functional planning levels. Also, special attention is paid to different approaches to the design of social infrastructure facilities for refugees - complex (strategic) and experimental.

REFERENCES

1. Avdeenko A. S., Ibragimova E. F., Soboleva E. V. Sotsialnaya adaptatsiya bezhentsev i vyzhivnykh pereselentsev k novoy sotsialnoy srede [Social adaptation of refugees and forced migrants to the new social environment] // Vestnik soveta molodykh uchonykh i spetsialistov Chelyabinskoy oblasti [Bulletin of the Council of Young Scientists and Specialists of the Chelyabinsk Region], 2017. Vol. 1. № 2 (17).
2. Belal A. A., Scherbina E. V., Salmo A. Gradostroitelnoe vosstanovlenie istoricheskikh tsentrov siriyskikh gorodov, razrushennykh voynoy [Town-planning restoration of the historical centers of the Syrian cities destroyed by the war] // Natsionalny issledovatel'skiy Moskovskiy gosudarstvennyy stroitelnyy universitet (NIU MGSU); Vestnik MGSU. – 2020. – Vol. 15, № 5. – P. 632–640.
3. Ashirova M. V., Aydarova G. N. Arkhitektura bystrogo reagirovaniya: kontseptsiya vremennogo mobilnogo zhilya v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy [Rapid response architecture: the concept of temporary mobile housing in emergency situations] // Izvestiya KazGASU [News of KazGASU] 2016. № 2 (36). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitektura-bystrogo-reagirovaniya-kontseptsiya-vremennogo-mobilnogo-zhilya-v-usloviyakh-chrezvychaynykh-situatsiy> (data obrascheniya: 08.05.2022).
4. Petrova E. A., Yurchenko T. I. Proektirovanie obrazovatel'noy sredy doskol'noy organizatsii, realizuyushey inklyuzivnyuyu praktiku [Designing the educational environment of a preschool organization implementing inclusive practice] / Vospitanie i obuchenie detey mladshego vozrasta [Education and training of young children] : sbornik materialov ezhegodnoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-obrazovatel'noy-sredy-doshkol'noy-organizatsii-realizuyushey-inklyuzivnyuyu-praktiku> (data obrascheniya: 09.05.2022).
5. Morozov V. E., Krapiva A. V., Petrov K. S., Mozharov M. S. Osobennosti razvitiya i stroitelstva obektov sotsialnoy infrastruktury [Features of development and construction of social infrastructure] / Inzhenerny Vestnik Dona [Engineering journal of Don]. 2020. № 1 (61). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-i-stroitelstva-obektov-sotsialnoy-infrastruktury> (data obrascheniya: 08.04.2022).
6. Nattapon Vanriko. Architecture for Refugees: Rohingya. Master's thesis. // Graduate School Silpakorn University. – Thailand, 2018.
7. Ivanova Z. I. Dzyatko D. Problemy integratsii detey migrantov [Problems of integration of migrants' children] / Integratsiya, partnyorstvo i innovatsii v stroitel'noy nauke i obrazovanii. Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii 16-17 noyabrya 2016 g. [Integration, partnership and innovation in construction science and education. Proceedings of the International Scientific Conference of November 16-17, 2016]: Mosk. gos. stroit. un-t. Moscow, 2017.
8. Graziano Salvalaia, Marco Imperadoria, Federico Luminaa, Elisa Muttia, Ilaria Polesea. Architecture for refugees, resilience shelter project: A case study using recycled skis / International High-Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference 2016 Series (SBE16), iHBE 2016.
9. 100 Classrooms for Refugee Children / Emergency Architecture & Human Rights. September 29, 2017. URL: <https://www.archdaily.com/city/zaatari-village>.

© Д. А. Пирогов, 2022

Получено: 28.05.2020 г.

УДК 721.011:628.9.021

Л. Н. ОРЛОВА, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектурного проектирования

**РЕЖИМ БИОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ
ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ЗАСТРОЙКИ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: orludm.orlova@yandex.ru

Ключевые слова: годовые дозы облучения, режим эффективного облучения помещений, экранирующее воздействие застройки, компьютерный расчет.

Выполнено исследование режима биологически эффективного облучения помещений при экранировании застройки. Произведен компьютерный расчет и проанализированы дозы облучения помещений для всей широтной полосы СНГ.

Оценка природных ресурсов биологически эффективного облучения помещений и территорий и выявление закономерностей их снижения в результате экранирующего воздействия городской застройки являются одной из основных задач обеспечения инсоляции городской среды.

Решение получено путем компьютерного моделирования радиационного режима помещений с незаполненным светопроемом размерами 1400×1600 мм в стене толщиной 350 мм при безоблачном небе и средних значениях характеристик прозрачности атмосферы [1]. Вычислялись: спектр и потоки прямой солнечной радиации, потоки рассеянного излучения интегрированием спектральной яркости неба, моделируемые по методике, изложенной в [2, 3].

Эффективные потоки прямой солнечной радиации, входящие в помещение через незаполненный светопроем в вертикальной стене, выражаются формулой

$$F_{\pi} = S_0 E_0, \quad (1)$$

где F_{π} – эффективный поток прямой солнечной радиации; S_0 – площадь поперечного сечения потока; E_0 – поверхностная плотность эффективного потока.

Площадь поперечного сечения потока, входящего в светопроем (живое сечение светопроема):

$$S_0 = (B_0 \cos |A_0 - A_0| - b \sin |A_0 - A_0|) \cdot \left(H_0 \sin z_0 - \frac{b \cos z_0}{\cos |A_0 - A_0|} \right), \quad (2)$$

где H_0 , B_0 , A_0 – соответственно высота, ширина и азимут ориентации светопроема; b – толщина стены; z_0 и A_0 – зенитное расстояние и азимут Солнца в функции географической широты, солнечного склонения и истинного солнечного времени, определяемые из соотношений параллактического треугольника (рис. 1 а, б, в).

Потоки входящего в помещение рассеянного излучения неба определялись как произведение модуля вектора облученности в центре светопроема и живого сечения проема в плоскости, перпендикулярной направлению вектора:

$$F_p = \left(B_0 \cos \left| A_0 - \arctg \frac{E_x}{E_y} \right| - b \sin \left| A_0 - \arctg \frac{E_x}{E_y} \right| \right) \cdot \left(H_0 \sqrt{E_x^2 + E_y^2} - \frac{b E_z}{\cos \left| A_0 - \arctg \frac{E_x}{E_y} \right|} \right). \quad (3)$$

Здесь координаты вектора облученности:

$$\begin{aligned} E_x &= \int_{\beta_1}^{\beta_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} L_{\text{эф}}(\theta; \beta) \sin^2 \theta \cos \beta d\theta d\beta; \\ E_y &= \int_{\beta_1}^{\beta_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} L_{\text{эф}}(\theta; \beta) \sin \theta \sin \beta d\theta d\beta; \\ E_z &= \int_{\beta_1}^{\beta_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} L_{\text{эф}}(\theta; \beta) \sin \theta \cos \theta d\theta d\beta, \end{aligned} \quad (4)$$

где $L_{\text{эф}}(\theta; \beta)$ – эффективная яркость излучения в функции угловых координат θ и β рассматриваемой точки небосвода. Пределы интегрирования в этих выражениях зависят от характера экранирующей ситуации и определяются соотношениями сферической тригонометрии.

Анализ данных позволил выявить следующие закономерности формирования биологически эффективного радиационного режима помещений в условиях экранирования застройки.

Экранирующее воздействие застройки на потоки F_n и F_p принципиально различно. В промежутке времени инсоляции помещения T между моментами освобождения t_1 и накрытия t_2 светопроема тенью (рис. 1б) дневной ход F_n совпадает с ходом F_p при открытом горизонте (рис. 2). Поэтому при любом постоянном $T = t_2 - t_1$ зависимость $H_{n, \text{н.}}'$ от t_1 всегда имеет экстремальный характер (рис. 3, 4). В летнюю половину года при $T = 3$ ч максимальные дозы бактерицидного и эритемного облучения на всех широтах СНГ составляют соответственно 96 мбк.ч и 290 мэр.ч, минимальные – 15 мбк.ч и 19 мэр.ч.

На отсутствие корреляции между T и H (дозами облучения) указывалось ранее [3, 4], тем не менее показатель продолжительности инсоляции продолжает, к сожалению, фигурировать в гигиенических [12] и градостроительных [13] нормативах. При этом только $T_n = 3$ ч [5–7] опирался на гигиенические исследования [8–10], хотя и недостаточно корректные. В дальнейшем сокращение продолжительности T_n и нормируемого периода обеспечения T_n [11, 12] проводилось в угоду лишь коммерческим интересам уплотнения застройки [4].

Сезонные и широтные изменения H_n определяются фазовыми сдвигами и зависят от конкретного характера экранирующей ситуации (рис. 5). При ориентации помещений на южную половину горизонта увеличение δ (склонения Солнца) и уменьшение φ (широты местности) может приводить как к росту, так и снижению H_n .

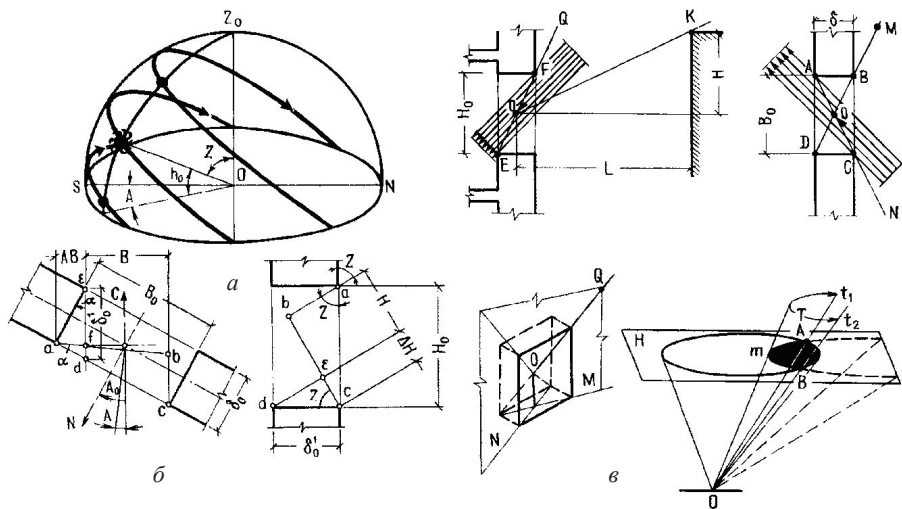


Рис. 1. Координаты Солнца (*а*), схема живого сечения светопроема (*б*), геометрические и временные пределы инсоляции помещений (*в*)

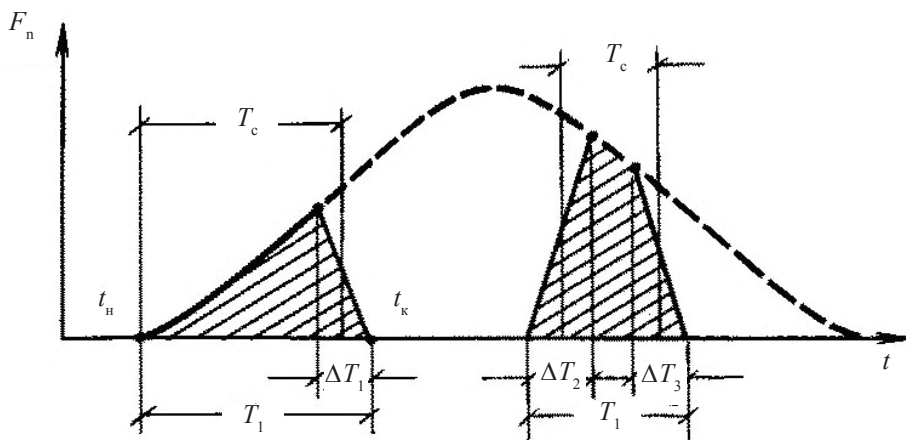


Рис. 2. Характерные случаи дневного хода прямого солнечного облучения помещений в условиях экранирующего воздействия застройки: T_c – продолжительность инсоляции центральной точки светопроема; T_1 – то же при открытом горизонте

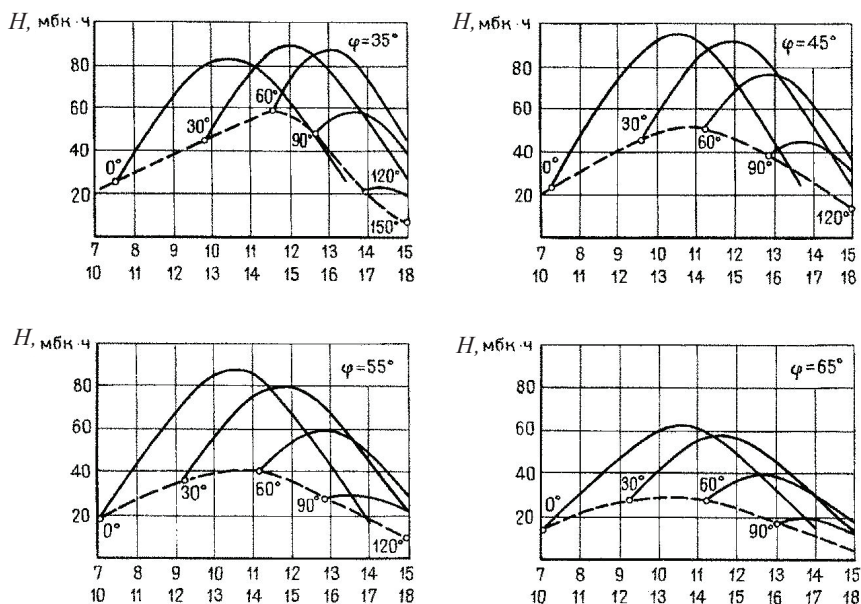


Рис. 3. Зависимость доз прямого бактерицидного облучения, вносимых в помещение 3-часовой инсоляцией от времени дня, в которое инсолируется помещение, от ориентации светопроема в марте месяце на различных широтах (пунктиром показан график временного смещения одного из минимумов при изменении ориентации светопроема)

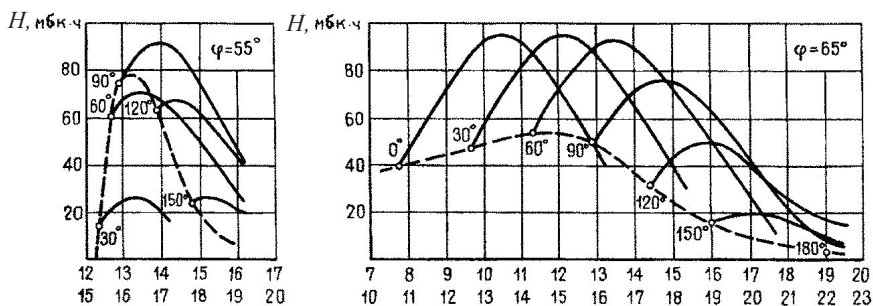


Рис. 4. Зависимость доз прямого бактерицидного облучения, вносимых в помещение 3-часовой инсоляцией от времени дня, в которое инсолируется помещение, при разной ориентации светопроема в июне месяце на различных широтах

Экранирующее воздействие застройки снижает абсолютную величину F_p , однако ее дневной ход остается при этом подобным ходу F_p при открытом горизонте, поэтому зависимость как F_p , так и H_p от φ , δ и A_0 почти совпадает с аналогичными зависимостями при открытом горизонте. Относительные изменения F_p и H_p при увеличении открытости небосвода также имеют сходный характер и мало зависят от ориентации помещения (рис. 6).

Зависимость вклада H_n в H_c от степени экранирования небосвода носит, как правило, экстремальный характер. При малых разрывах до экранирующего здания он может достигать 70 %. В условиях экранирующего воздействия застройки роль прямой радиации в формировании радиационного режима помещений значительно

возрастает.

Анализ показал, что около 60-70 % возможных при открытом горизонте поступлений радиации обеспечивается при разрыве, равном двум высотам экранирующего здания. Увеличение до 2,5 высот (на 25 %) дает приращение дозы всего на 5-12 % (рис. 7-9).

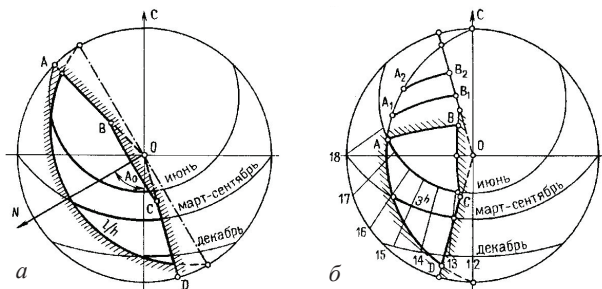


Рис. 5. Расчетная схема свободного участка небосвода ABCD, видимого из центральной точки O тела светопроема, при строчной (а) и П-образной (б) экранирующих ситуациях (в стереографической проекции)

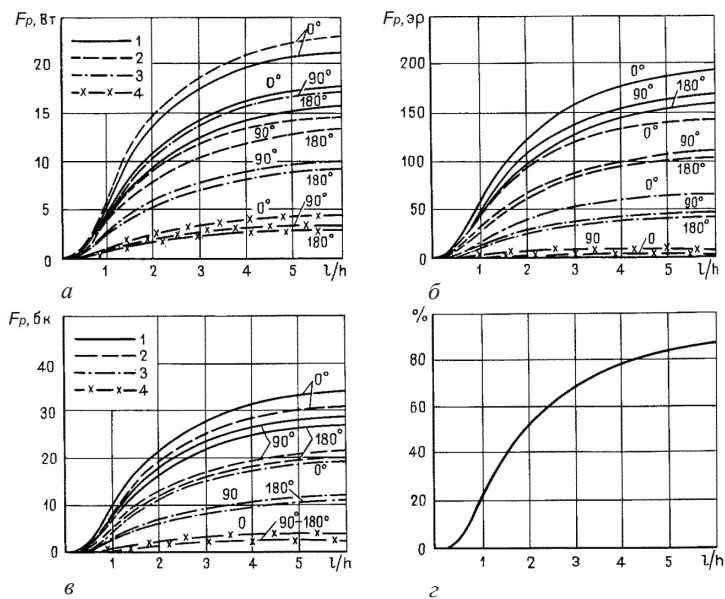


Рис. 6. Зависимости входящих в помещение относительных (з), абсолютных потоков УФ (а), эритемного (б) и бактерицидного (в) рассеянных излучений от разрыва до экранирующего здания при различной величине $|A_0 - A_0|$ и зенитных расстояниях Солнца: 1 - 20°; 2 - 40°; 3 - 60° и 4 - 80°

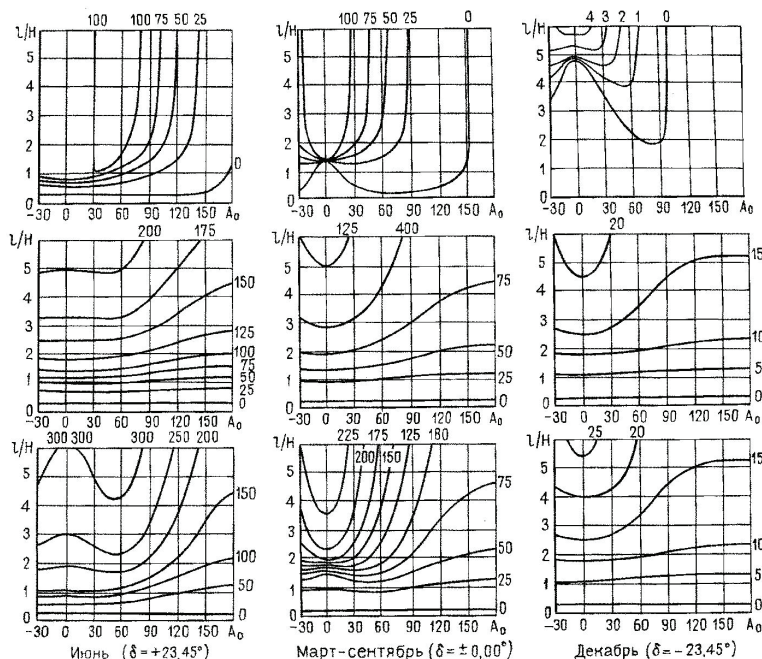


Рис. 7. Изоплеты суточных доз прямого (вверху), рассеянного и суммарного (внизу) УФ-облучения помещений (Вт.ч) в плоскости разрыв – ориентация в различные дни года на 55° с. ш.

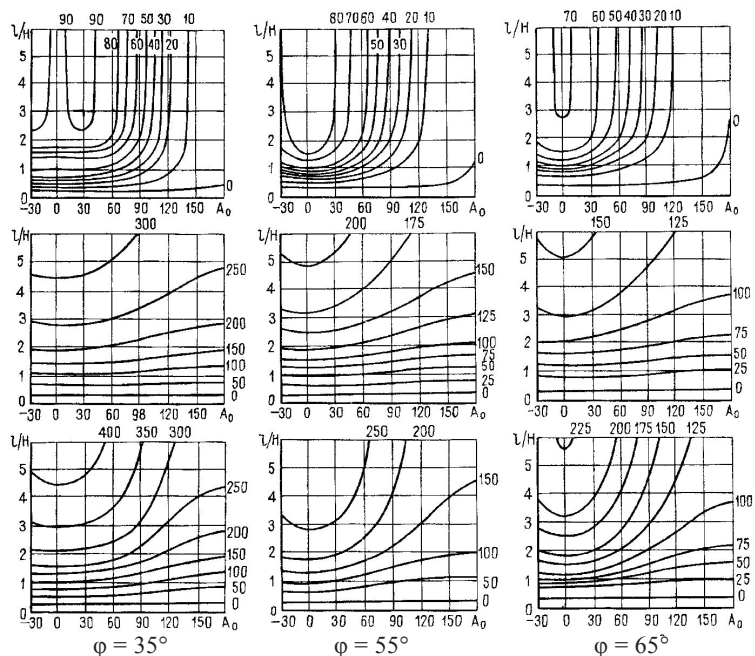


Рис. 8. Изоплеты астрономически возможных годовых доз прямого (вверху), рассеянного и суммарного (внизу) эритемного облучения помещений (эр.ч) в плоскости разрыв – ориентация на различных широтах

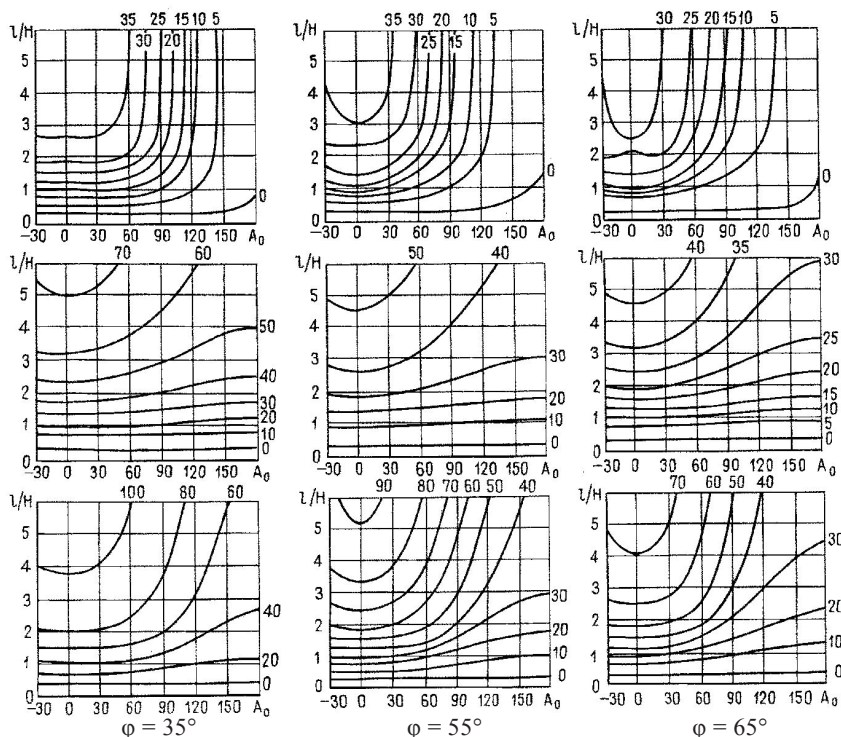


Рис. 9. Изоплеты астрономически возможных годовых доз прямого (вверху), рассеянного и суммарного (внизу) бактерицидного облучения помещений (бк.ч) в плоскости разрыв – ориентация на различных широтах

Таким образом, положенная в основу санитарных норм линейная зависимость T от H_n [14] не соответствует действительности. Анализ поступлений эффективной радиации в помещения при разрывах, обеспечивающих $T=3$ ч, продемонстрировал их случайный, неупорядоченный характер. Поэтому представительным показателем может выступать только годовая доза или отнесенные к ней экстремальные и локальные характеристики облучения [15]. Выбор этого показателя не противоречит гигиеническим представлениям о том, что для профилактического эффекта облучения важной является не столько суточная, сколько годовая доза облучения [16].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлова, Л. Н. Основы формирования световой среды городской застройки : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Орлова Людмила Николаевна ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний. Новгород. 2006. – 441 с. – Текст : непосредственный.
2. Орлова, Л. Н. Радиационная модель безоблачной атмосферы в оптическом диапазоне спектра / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 1993. – № 2. – С. 1–4.
3. Бахарев, Д. В. Социально-экологическая проблема обеспечения естественного освещения и инсоляции жилищ / Д. В. Бахарев, Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Великие реки–2001 : международный научно-промышленный форум, 15–18 мая 2001 г. : тезисы докладов международного конгресса / Нижегородский государственный архитектурно-



строительный университет. – Нижний Новгород, 2002. – С. 323–324.

4. Орлова, Л. Н. Проблемы и перспективы оптимизации световой среды городов / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Градостроительство и архитектура / Самарский государственный технический университет. – Самара. 2017. – Том 7, № 4. – С. 122–126.

5. СН 427–63. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляции помещений жилых и общественных зданий и жилой застройки населенных мест : приняты и введены Минздравом СССР 21 марта 1963 года : дата введения 21 марта 1963 года. – Москва, 1963. – 5 с. – Текст : непосредственный.

6. СН 1180–74. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки городов и других населенных пунктов : приняты и введены Минздравом СССР : утверждены заместителем Главного Государственного санитарного врача СССР от 23 сентября 1974 года : дата введения 23 сентября 1974 года. – Москва, 1974. – 4 с. – Текст : непосредственный.

7. СН 2605–82. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией помещений жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки : приняты и введены Минздравом СССР 2 февраля 1982 года : дата введения 2 февраля 1982 года. – Москва, 1982. – 8 с. – Текст : непосредственный.

8. Беликова, В. К. Бактерицидное значение излучения солнца, проникающего в помещение / В. К. Беликова. – Текст : непосредственный // Гигиена и санитария. – 1957. – № 11. – С. 8–15.

9. Беликова, В. К. Естественная ультрафиолетовая радиация и ее бактерицидное значение / В. К. Беликова. – Текст : непосредственный // Ультрафиолетовое излучение. – Москва, 1966. – Сборник 4. – С. 322–326.

10. Постникова, В. А. К характеристике и гигиенической оценке ультрафиолетового облучения жилого квартала / В. А. Постникова. – Текст : непосредственный // Гигиена и санитария. – 1960. – № 7. – С. 3–8.

11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий : утверждены и введены в действие Главным санитарным врачом Российской Федерации от 19 октября 2001 года : дата введения 01 февраля 2002 года (с изменениями на 10 апреля 2017 года). – URL : <http://docs.cntd.ru/document/901800205>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

12. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : утверждены и введены в действие Постановлением Главного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года №2 : дата введения 01 марта 2021 года. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

13. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: утвержден приказом Министерства строительства и коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр : актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89* : дата введения 01 июля 2017 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054209>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

14. Масленников, Д. С. Физико-гигиеническое нормирование инсоляции городской застройки / Д. С. Масленников, В. К. Беликова, М. А. Гостинцева. – Текст : непосредственный // Влияние местных природно-климатических условий на проектирование городов. – Москва, 1974. – С. 97–102.

15. Бахарев, Д. В. О нормировании и расчете инсоляции / Д. В. Бахарев, Л. Н. Орлова. – Текст: непосредственный // Светотехника. – 2006. – № 1. – С. 9–12.

16. Жилов, Ю. Д. О профилактическом облучении детей и подростков, проживающих в разных климатических районах Советского Союза / Ю. Д. Жилов, А. И. Андрианова, Л. А. Борисова, Ю. В. Горшкова. – Текст : непосредственный // Ультрафиолетовое излучение. – Москва, 1971. – Сборник 5. – С. 241–244.



ORLOVA Lyudmila Nikolaevna, doctor of technical sciences, professor of the chair of architectural design

MODE OF BIOLOGICALLY EFFECTIVE IRRADIATION OF PREMISES IN THE CONDITIONS OF BUILDING SHIELDING

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia, Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

Key words: annual radiation doses, effective radiation regime of rooms, shielding effect of the building, computer calculation.

The article is devoted to the study of the regime of biologically effective irradiation of premises during the screening of buildings. A computer calculation was made and the radiation doses of the premises for the entire latitudes of the CIS were analyzed.

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. arkhitekt.- stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2006, 441 p.
2. Orlova L. N. Radiatsionnaya model bezoblachnoy atmosfery v opticheskom diapazone spektra [Radiation model for a cloudless atmosphere in the optical range] // Svetotekhnika [Light & Engineering]. – 1993. – № 2. – P. 1–4.
3. Bakharev D. V., Orlova L. N. Sotsialno – ekologicheskaya problema obespecheniya estestvennogo osvescheniya i insolyatsii zhilishch [Socio-ecological problem of providing natural lighting and insolation of dwellings] // Velikie reki–2001: mezhdunarodny nauchno-promyshlenny forum, 15-18 maya 2001 g.: tezisy dokladov mezhnunaradnogo kongressa / Nizhegorod. gos. arkhitekt.- stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2002. – P. 323–324.
4. Orlova L. N. Problemy i perspektivy optimizatsii svetovoy sredy gorodov [Problems and prospects of optimization of the light environment of cities] // Gradostroitelstvo i arkhitektura / Samarskiy gos. tekhn. un-t. Samara. 2017. – Vol. 7. – № 4. – P. 122–126.
5. SN 427–63. Sanitarnye normy i pravila obespecheniya insolyatsii pomescheniy zhilykh i obshestvennykh zdaniy i zhiloy zastroyki naselyonnykh mest [Sanitary norms and rules for providing insolation of premises of residential and public buildings and residential development of populated areas]: prinyaty i vvedeny Minzdravom SSSR 21 marta 1963 g.: data vved. 21 marta 1963 g. – Moscow. 1963, 5p.
6. SN 1180–74. Sanitarnye normy i pravila obespecheniya insolyatsii pomescheniy zhilykh i obshestvennykh zdaniy i territoriy zhiloy zastroyki gorodov i drugikh naselennykh punktov [Sanitary norms and rules for providing insolation to residential and public buildings and residential areas of cities and other settlements] : prinyaty i vvedeny Minzdravom SSSR: utverzhdeny zamestitelem Glavnogo sanitarnogo vracha SSSR ot 23 sentyabrya 1974 g.: data vvedeniya 23 sentyabrya 1974 g. – Moscow. 1974, 4 p.
7. SN 2605-82. Sanitarnye normy i pravila obespecheniya insolyatsii pomescheniy zhilykh i obshestvennykh zdaniy i territoriy zhiloy zastroyki [Sanitary norms and rules for providing insolation of premises of residential and public buildings and residential areas] : prinyaty i vvedeny Minzdravom SSSR 02 fevralya 1982 g.: data vvedeniya 02 fevralya 1982 g. – Moscow. 1982, 8p.
8. Belikova V. K. Bakteritsidnoe znachenie izlucheniya solntsa, pronikayushchego v pomeschenie [The bactericidal value of the sun's radiation penetrating into the room] // Gigiena i sanitariya [Hygiene and sanitation]. – 1957. – № 11. – P. 8–15.
9. Belikova V. K. Estestvennaya ultrafioletovaya radiatsiya i eyo bakteritsidnoe znachenie [Natural ultraviolet radiation and its bactericidal value] // Ultrafioletovoe izluchenie. – Moscow.



1966. – Vol. 4. – P. 322–326.

10. Postnikova V. A. K kharakteristike i gigienicheskoy otsenke ultrafioletovogo oblucheniya zhilogo kvartala [On the characteristics and hygienic assessment of ultraviolet irradiation of a residential quarter] // *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. – 1960. – № 7. – P. 3–8.

11. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1076-01. Gigienicheskie trebovaniya k insolyatsii i solntsezashchite pomescheniy zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i territoriy [Hygienic requirements for insolation and sun protection of premises of residential and public buildings and territories] : utverzh. i vved. v deystvie Glavnym sanitarnym vrachom Rossiyskoy Federatsii ot 19 oktyabrya 2001 g.: data vved. 01 fevralya 2002 g. (s izm. na 10 aprelya 2017 goda). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901800205>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

12. SanPiN 1.2.3685-21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya [Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans] : utverzh. i vved. v deystvie Postanovleniem Glavnogo sanitarnogo vracha Rossiyskoy Federatsii ot 28 yanvarya 2021 g. №2: data vved. 01 marta 2021 g. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

13. SP 42.13330.2016. Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i selskikh poseleniy [Town planning and development of urban and rural settlements] : utverzh. prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 2016 g. № 1034/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.07.01-89*: data vved. 01 iyulya 2017 g. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054209>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

14. Maslennikov D. S., Belikova V. K., Gostintseva M. A. Fiziko-gigienicheskoe normirovanie insolyatsii gorodskoy zastroyki [Physical and hygienic rationing of urban development insolation] // *Vliyaniye mestnykh prirodno-klimaticheskikh usloviy na proektirovaniye gorodov* [The influence of local climatic conditions on the design of cities]. – Moscow. – 1974. – P. 97–102.

15. Bakharev D. V., Orlova L. N. O normirovanii i raschyote insolyatsii [About rationing and calculation of insolation] // *Svetotekhnika* [Light & Engineering]. – 2006. – № 1. – P. 9–12.

16. Zhilov Yu. D., Andrianova A. I., Borisova L. A., Gorshkova Yu. V. O profilakticheskoy obluchenii detey i podrostkov, prozhivayuschikh v raznykh klimaticheskikh rayonakh Sovetskogo Soyuza [About preventive irradiation of children and adolescents living in different climatic regions of the Soviet Union] // *Ultrafioletovoe izlucheniye* [Ultraviolet radiation]. – Moscow, 1971. – Vol. 5. – P. 241–244.

© Л. Н. Орлова, 2022

Получено: 28.05.2022 г.

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



Сапрыкина, Н. С. Сергей Капачинский и советская архитектура: личность, эпоха, стиль: монография / Н. С. Сапрыкина. – Ярославль: Академия МУБиНТ, 2022. – 392 с., ил. ISBN 978-5-93002-387-9

Монография посвящена выдающемуся советскому архитектору С. В. Капачинскому – выпускнику Ленинградского института гражданских инженеров. Его жизнь олицетворяет XX век, на примере его творчества можно изучать историю развития советской архитектуры: появление новых типов зданий, новых норм проектирования, смену стилистических эпох – от конструктивизма через неоклассицизм, модернизм к последнему этапу социализма – постмодернизму. Его жизнь была связана

с разными городами страны, такими как: Пермь, Великий Устюг, Ленинград, Петрозаводск, Свердловск, которые стали своеобразными вехами на пути его взросления, познания себя, профессионального выбора и реализации. Самый большой отрезок жизни и творчества пришелся на Ярославский период, куда архитектор приехал целенаправленно и где смог реализоваться в большей мере.

В книге впервые комплексно представлен вклад С. В. Капачинского в советскую архитектуру. В ней приводятся уникальные биографические данные, показано, как складывалась его творческая судьба, которая была сложной, многогранной и плодотворной: много проектов и реализованных построек, разные административные посты, постоянное участие в конкурсах, одновременно постоянная учеба и совершенствование себя в творческом созидательном процессе на фоне череды изменений в творческой направленности архитектуры. Большое внимание уделено проектным идеям автора, в том числе ранее неизвестным, которые, как зеркало, отражают основные установки и приоритеты разного времени, демонстрируют творческий талант мастера.

В монографии впервые публикуется множество фотографий, эскизов, чертежей, рисунков архитектора, представлен полный список его проектов и построек.

Рецензия на монографию Сапрыкиной Н. С. «Сергей Капачинский и советская архитектура: личность, эпоха, стиль»

В этом году вышла в свет монография доктора архитектуры, заведующей кафедрой градостроительства в Международной академии бизнеса и новых технологий академии (МУБиНТ) Натальи Сергеевны Сапрыкиной, которая является известным в России ученым-исследователем отечественной истории архитектуры советского периода.

Книга посвящена жизни и творчеству выдающегося советского архитектора С. В. Капачинского – выпускника Ленинградского института гражданских инженеров (ЛИГИ, 1930 г.), одного из ярких учеников А. С. Никольского, соавтора таких известных архитекторов, как Л. М. Хидекель, С. В. Домбровский, А. Ю. Ехауки, А. В. Федоров и др. Этот научный труд является продолжением серии книг об архитекторах советского времени разных авторов, дополняет и раскрывает особенности творческой деятельности зодчего не только в условиях социально-политического, но и регионального контекста. Тема монографии является актуальной, связанной с фундаментальными исследованиями исторических этапов и процессов развития российской архитектуры и градостроитель-



ства, выявления и анализа направлений архитектурно-теоретической мысли и творческих концепций архитекторов.

Данное научное исследование в систематизированном виде представляет собой историко-архитектурный материал по развитию советской архитектуры сквозь призму жизни и творчества выдающегося человека и профессионала. На фоне событий и тенденций, которые возникали и развивались в стране, смены городов (Пермь, Великий Устюг, Ленинград, Петрозаводск, Свердловск и Ярославль) раскрывается и показывается специфика становления и развития творческой личности, работа регионального архитектора в разные периоды советского времени. Автор книги опирается на исторические факты, подтвержденные архивными материалами, уникальными воспоминаниями коллег и очевидцев отдельных событий, вводит в оборот новую научную информацию, анализирует и выстраивает хронологию многих исторических событий и процессов, что повышает ценность и значимость данной книги.

В книге представлены сведения не только о проектных идеях, архитектурных проектах и постройках, конкурсных работах архитектора для Нижнего Новгорода и Новосибирска, Ленинграда и Свердловска, Ярославля и Москвы, Архангельска, Белоруссии и др. в контексте стилистической эволюции, но и проведены многие параллели, сравнения с творчеством известных мастеров, его учителей и коллег. Монография открывает и дополняет новые страницы истории развития супрематизма и конструктивизма, неоклассицизма, модернизма и постмодернизма в России.

Текст книги сопровождается большим количеством архивных и современных фотографий, документов, авторских эскизов и чертежей реализованных проектов и ранее неизвестных решений, многие из которых впервые вводятся в оборот и, как зеркало, отражают основные установки и приоритеты разного времени, демонстрируют творческий талант мастера. Монография дополнена приложениями, в ней впервые представлен полный перечень проектов и построек архитектора, включающий 160 укрупненных наименований в хронологической и географической последовательности, разновременные рисунки автора, список основных источников ссылок, список имен, охватывающий более 250 личностей и др. Помимо перечня работ Капачинского, монография вводит в оборот и ранее неизвестные работы других архитекторов, с которыми архитектор работал в соавторстве в разное время и в разных городах.

Книга предназначена для разных специалистов: архитекторов, градостроителей, реставраторов, дизайнеров, искусствоведов, историков, краеведов и студентов данных направлений. Она написана ясным и доступным языком и может быть интересна также широкому кругу читателей.

Рецензент: профессор кафедры архитектурного проектирования ННГАСУ, доктор архитектуры, профессор, член-корреспондент РААСН О. В. Орельская



Лисицына, А. В. Городец. Усадьбы и особняки / А. В. Лисицына. – Нижний Новгород: Кварц, 2022 – 32 с.: ил.
ISBN 978-5-6048223-0-2

Книга написана по материалам коллективной монографии «Городецкий район: Иллюстрированный каталог памятников истории и культуры», выполненной сотрудниками Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета под руководством профессора А. Л. Гельфонд (2011), и работ почетного гражданина Городца, краеведа Л. А. Климовой. В книге опубликованы фотографии из собрания МБУК «Городецкий историко-художественный музейный комплекс» (ГИХМК).

ИТОГИ V ВСЕРОССИЙСКОГО ФЕСТИВАЛЯ «АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ»



В период со 2 по 4 июня 2022 года в Нижнем Новгороде прошел V Всероссийский фестиваль «Архитектурное наследие». «Архитектурное наследие» – ежегодный Всероссийский фестиваль, посвященный актуальным проблемам сохранения, реставрации и адаптации объектов культурно-исторического достояния как важнейшей составляющей жизни страны. Организатором фестиваля выступил Союз архитекторов России при поддержке Министерства культуры РФ, правительства Москвы, комитета по архитектуре и градостроительству Москвы, правительства Нижегородской области и управления государственной охраны объектов культурного наследия Нижегородской области.

В рамках V Всероссийского фестиваля состоялся Смотр-конкурс: «Лучшее печатное издание об архитектурном наследии». Конкурс проводился среди печатных изданий (книг, альбомов, журналов, серий статей) научного, научно-популярного, научно-просветительного, научно-публицистического, мемуарного характера, изданных на русском языке или сопровождаемых переводом на русский язык. Целью конкурса являлось:

- выявить, распространить научные достижения, популяризировать знания об отечественном и мировом опыте реставрации и повысить культурную просвещенность населения;
- привлечь внимание профессионалов и широкой общественности к лучшим образцам изданий о реставраторах и сохранении объектов культурного наследия;
- способствовать развитию реставрационного мастерства, воспитывать бережное отношение к архитектурному наследию.

В Номинации «Лучшее учебное пособие об архитектурном наследии» участвовали более 10 работ. Монография «Концепция реставрации архитектурного наследия в России XX – начала XXI вв.», автором которой является кандидат архитектуры, доцент кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета Шумилкин Александр Сергеевич, получила Золотой диплом в данной номинации.



ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНОЙ СТАТЬИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ «ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

1. Список материалов, необходимых для публикации научной статьи

1.1. Автор (авторы) в соответствии с приведенными ниже требованиями должен оформить материалы научной статьи: рукопись статьи и сопроводительные документы к ней. Журнал является двуязычным, и материалы научной статьи могут подаваться в редакцию на русском или на английском языках (здесь имеется ввиду язык основного текста статьи, т. к. часть материалов статьи должна оформляться на обоих языках).

1.2. Рукопись статьи представляется в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4 (оформление – см. п. 2) и в электронном виде (оформление – см. п. 3). **Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.**

1.3. Сопроводительные документы к рукописи статьи должны включать в себя:

1.3.1. Сопроводительное письмо в двух экземплярах в печатном виде на листе формата А4 **по утвержденной форме**, которая приведена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> Данное письмо подписывается руководителем организации (юридического лица), откуда исходит рукопись статьи. Если автор статьи не является работником какой-либо организации, не является аспирантом, докторантом, соискателем ученой степени, то сопроводительное письмо подписывается им лично (в этом случае к сопроводительному письму должны прилагаться документы, подтверждающие статус безработного). Для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, сопроводительное письмо представлять не требуется.

1.3.2. Выписку из протокола заседания кафедры (отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа) с рекомендацией статьи к публикации в Приволжском научном журнале в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то вместо выписки представляется рекомендация к опубликованию, подписанная научным работником, имеющим ученую степень по соответствующей специальности (определяется по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России).

1.3.3. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Данный документ оформляется по форме, утвержденной в организации, откуда исходит рукопись статьи. Форма экспертного заключения, утвержденная в ННГАСУ, размещена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> (для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, данный документ оформляется в отделе интеллектуальной собственности и трансфера технологий (корпус II, каб. 213-а, тел.: (831) 430-19-34).

Если в организации, откуда исходит рукопись статьи, нет утвержденной формы экспертного заключения, то в качестве образца может использоваться форма ННГАСУ (при этом автор должен внести соответствующие изменения в наименования должностей и Ф.И.О. ответственных лиц). Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати представлять не требуется.

1.3.4. Документ (копия бланка подписки), подтверждающий оформление подписки на Приволжский научный журнал на 2 (два) номера или более (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 сквоз-

ную нумерацию и названия. На все таблицы и графические материалы должны быть сделаны ссылки в тексте статьи. При этом расположение данных объектов должно быть после ссылок на них. Шрифт таблиц должен соответствовать требованиям, предъявляемым к тексту статьи (см. выше). Шрифт надписей внутри рисунков, графиков, фотографий и др. графических материалов Times New Roman Суг, размер № 12, межстрочный интервал 1,0 (одинарный). В случае использования в статье цветных графических материалов (рисунки, графики, фотографии и др.) их необходимо скомпоновать на четном количестве страниц – либо на двух, либо на четырех отдельных страницах (но не более четырех страниц). К данным рисункам должны быть сделаны подписи, а в тексте статьи на них должны быть ссылки. Использование цветных графических материалов должно быть оправданным (в тех случаях, когда их нельзя заменить черно-белым аналогом).

2.3.6. Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008 (с учетом вступления в силу последующих версий данного документа). Нумерация литературных источников в списке дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте статьи (в квадратных скобках). В библиографический список включаются только те работы (документы), которые опубликованы в печати на момент представления рукописи статьи в редакцию. Количество литературных источников в списке должно быть не менее 3-х. В качестве цитируемых литературных источников должны использоваться научные статьи, опубликованные за последние 5 лет в российских и зарубежных рецензируемых научных периодических изданиях. Не допускается ссылаться на учебники и учебные пособия, научно-популярную литературу, если они не являются объектом исследования. В англоязычном варианте библиографического списка русскоязычные литературные источники должны быть представлены в транслитерации, на латинице. Кроме того названия статей и названия журналов переводятся на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках). Библиографические описания англоязычных изданий приводятся в оригинальном виде. Для изданий на других языках названия статей и названия журналов должны быть переведены на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках).

2.3.7. Объем рукописи статьи (включая черно-белые и цветные графические материалы), оформленной с учетом вышеперечисленных требований, **не должен превышать**: а) 11 (одиннадцать) страниц при наличии в тексте не менее 3-х графических материалов (рисунков, графиков, фотографий); б) 8 (восемь) страниц во всех остальных случаях.

2.4. Рукопись статьи должна быть тщательно отредактирована и подписана всеми авторами (лично) с обратной стороны последней страницы с указанием даты представления рукописи в редакцию (число.месяц.год).

3. Правила оформления рукописи научной статьи в электронном виде

3.1. В электронном виде необходимо представить файл, подготовленный в редакторе «Microsoft Word» (тип файла «doc» или «docx» или «rtf»). Данный файл должен включать рукопись статьи (подготовленной в соответствии с п. 2) со вставленными в текст графическими материалами (если они имеются). В названии файла должна присутствовать фамилия автора статьи. Файл должен быть записан на компакт-диск (CD-R или CD-RW).

3.2. Каждый отдельный графический материал (рисунок, график, фотография и др.) должен быть записан в виде отдельного файла, при этом названия файлов должны соответствовать нумерации данных материалов (например: «Рис.1»). Все графические материалы должны быть доступны для редактирования, для этого



они должны быть представлены **в исходном формате** (например, для рисунков, созданных в графическом редакторе «CorelDraw», необходимо представление файлов в формате «cdr»). Представление графиков, рисунков и т. п. графических материалов в виде отсканированных изображений **не допускается**. Файлы фотографий должны иметь расширение «jpg». Качество всех графических материалов должно быть высоким (не ниже 300 dpi).

4. Порядок представления в редакцию материалов научной статьи

Подготовленные с учетом всех вышеперечисленных требований материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней) должны быть запечатаны в конверт формата А4, на котором указывается адрес редакции: *Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Зам. главного редактора Приволжского научного журнала Моничу Д. В.*

Конверт с материалами может быть отправлен по почте, с использованием курьерской доставки или доставлен лично автором (доверенным лицом автора). В случае отправки с использованием курьерской доставки, а также в случае личной доставки, конверт необходимо сдавать в канцелярию ННГАСУ (г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, ННГАСУ, корпус I, 1-й этаж, каб. 127).

5. Порядок рассмотрения редакцией материалов научной статьи и ее рецензирования

5.1. После получения материалов научной статьи ответственный секретарь журнала проводит оценку их достаточности и правильности оформления. В случае отклонений от установленных требований, автору по электронной почте направляется письмо с уведомлением: «Материалы научной статьи не соответствуют требованиям, установленным редакцией журнала».

5.2. Материалы статей, оформленные в соответствии с установленными требованиями, ответственный секретарь регистрирует и направляет для рассмотрения члену редакционной коллегии журнала, который имеет соответствующую специальность (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России). Член редакционной коллегии организует рецензирование (экспертную оценку) рукописи научной статьи в соответствии с порядком, установленным редакцией журнала. С составом редакционной коллегии, в т. ч. с научными специальностями ее членов, а также с «Порядком рецензирования научных статей» можно ознакомиться на интернет-сайте Приволжского научного журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru>.

5.3. Если на статью получена положительная рецензия, то она включается в план публикации соответствующего тематического раздела журнала. Автору статьи по почте, а также по электронной почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Включено в план публикации». Сроки и очередность опубликования устанавливаются редакцией с учетом количества статей, находящихся в плане публикации соответствующего тематического раздела журнала. Как правило, дата приема статей для издания очередного номера устанавливается не позднее, чем за 4 (четыре) месяца до месяца выхода (например, для № 1 (март) этот срок должен быть не позднее 01 ноября). При этом дата устанавливается по дате получения редакцией положительной рецензии на статью.

5.4. Если на статью получена рецензия с замечаниями, но рецензент указывает на возможность публикации статьи после доработки, то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «На доработку». Порядок оформления, представления и рассмотрения дорабо-

танных рукописей статей такой же, как для вновь поступающих материалов статей. К доработанной рукописи статьи необходимо приложить документ «Ответы на замечания рецензента», оформленный в печатном виде на листах формата А4, в двух экземплярах. Ответы даются на каждое замечание (по пунктам), внизу ставятся личные подписи всех авторов с указанием даты представления доработанной рукописи в редакцию (число.месяц.год). Подписи авторов должны быть заверены канцелярией или отделом кадров организации, откуда исходит рукопись статьи. Сопроводительные документы к рукописи статьи (по п. 1.3.) переоформляются только в том случае, если при доработке изменяется название статьи и (или) изменяется авторский коллектив.

5.5. Если на статью получена отрицательная рецензия (рецензия с замечаниями, без указания на возможность публикации статьи после доработки), то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Не рекомендуется к публикации».

6. Общие требования и условия публикации

6.1. Редакцией не принимаются к рассмотрению: 1) научные статьи, не соответствующие тематическим направлениям журнала, по которым осуществляется рецензирование (экспертная оценка). Данные направления соответствуют научным направлениям членов редакционной коллегии журнала (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России); 2) научные статьи, публиковавшиеся ранее; 3) материалы, не соответствующие установленным редакцией требованиям; 4) рекламные материалы.

6.2. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей статей. Редакция имеет право частично или полностью предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала.

6.3. Авторский коллектив, направляющий научную статью в редакцию журнала, несет ответственность за неправомерное использование объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме, в соответствии с действующим законодательством.

6.4. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Перепечатка материалов «Приволжского научного журнала» без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

6.5. Материалы научных статей, направляемые в редакцию журнала, авторам не возвращаются. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

6.6. Оплата за рассмотрение научной статьи редакцией взимается путем оформления автором подписки на журнал (условия – см. п. 1.3.4 выше). Плата с аспирантов за публикацию научных статей не взимается.



ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

НА 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);
- 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).

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, 603950, г. Нижний Новгород,
ул. Ильинская, д. 65.**

Тел./факс: (831) 433-04-36, 430-19-46

