

ISSN 1995-2511

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

4

2021



Год
науки
и технологий

21



ISSN 1995-2511



ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

№ 4

Декабрь 2021

Нижний Новгород

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 4 (60)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2021. 190 с., 22 л. цв. вклеек.

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

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

«Приволжский научный журнал» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по группе научных специальностей 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; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТЕЛИЧЕНКО; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТРАВУШ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. С. В. ФЕДОСОВ; д-р физ.-мат. наук, проф. Е. В. ЧУПРУНОВ; засл. деят. науки РФ, д-р хим. наук, проф. В. А. ЯБЛОКОВ

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

Подписано в печать 20.12.2021 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. печ. л. 16.6 + вкл. 3.9. Тираж 600 экз. Заказ №

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

Тел./факс: (831) 433-04-36 (редакция), (831) 430-19-46 (отв. секретарь);

эл. почта: md@nngasu.ru (отв. секретарь), red@nngasu.ru (редакция),

интернет-сайт: www.pnj.nngasu.ru; pnj.nngasu.pf

Подписной индекс «Урал-Пресс»: 80382. Цена свободная.

Отпечатано в типографии ООО «Стимул-СТ»

Адрес: Россия, 603155, г. Нижний Новгород, ул. Трудовая, д. 6

ISSN 1995-2511

© ННГАСУ, 2021

ISSN 1995-2511



THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

Scientific periodical

№ 4

December 2021

Nizhny Novgorod

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

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

The Privolzhsky Scientific Journal is included into the list of leading peer viewed journals and publications where basic scientific results of doctoral and candidate dissertations are to be published of scientific specialities 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; doctor of architecture, academician of RAACS, 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; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TELICHENKO; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TRAVUSH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor S. V. FEDOSOV; doctor of physical-mathematical sciences, professor E. V. CHUPRUNOV; honoured worker of science of RF, doctor of chemical sciences, professor V. A. YABLOKOV

Head of the editing and publishing department V. V. Vtyurina,
technical editor M. A. Kosse, computer makeup I. K. Krasavina,
translator L. Yu. Vorontsov, literature references L. B. Verzhikovskaya

Signed for publishing on 20.12.2021. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 16.6 + illust. 3.9. Copies 600. Order №

Publisher's address: 65 Iljinskaya St., 603950, Nizhny Novgorod, Russia.
Tel./fax: +7 (831) 433-04-36 (editors), +7 (831) 430-19-46 (executive secretary);
e-mail: md@nngasu.ru (executive secretary), red@nngasu.ru (editors),
web-site: www.pnj.nngasu.ru; пнж.ннґасу.рф
Subscription index "Ural-Press": 80382. Price is unfixed.

Printed in JSC "Stimul-ST" publishing house
Address: 6, Trudovaya St., 603155, Nizhny Novgorod, Russia.

**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ЧЛЕНУ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ
ПРИВОЛЖСКОГО НАУЧНОГО ЖУРНАЛА А. Л. ГЕЛЬФОНД
С ИЗБРАНИЕМ АКАДЕМИКОМ РААСН**



01 октября 2021 г. на Общем собрании Российской академии архитектуры и строительных наук по Отделению архитектуры академиком избрана Гельфонд Анна Лазаревна, заведующая кафедрой архитектурного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (ННГАСУ), главный архитектор Архитектурной мастерской ННГАСУ, доктор архитектуры, профессор, член редакционной коллегии Приволжского научного журнала.

Гельфонд Анна Лазаревна является одним из ведущих педагогов и создателей научной архитектурной школы ННГАСУ, широко известной в России и за рубежом. Область научных интересов – архитектура зданий, сооружений, общественных пространств, теоретические проблемы архитектуры, а также проблемы архитектурного образования.

А. Л. Гельфонд с отличием окончила ГИСИ им. В. П. Чкалова (ныне – ННГАСУ) по специальности «Архитектура» в 1978 г. С 1978 г. по 1993 г. работала в проектно-институте «НижегородгражданНИИпроект», с 1993 г. работает в ННГАСУ. В 1996 г. окончила аспирантуру МАРХИ и защитила диссертацию на тему «Особенности формирования архитектуры зданий и комплексов банков». В 2002 г. окончила докторантуру МАРХИ и защитила докторскую диссертацию на тему «Деловой центр как новый тип общественного здания».

Академик А. Л. Гельфонд является автором более 300 научных и учебно-методических публикаций: статей, монографий, иллюстрированных каталогов памятников архитектуры Нижнего Новгорода и Нижегородской области (руководитель авторского коллектива, ответственный редактор), учебников, рекомендованных Минобрнауки России, новых курсов лекций.

Анна Лазаревна Гельфонд – основатель и председатель диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальности «Архитектура», действующего при ННГАСУ с 2003 г. За период работы совета защищено 10 докторских и 144 кандидатских диссертации. Научный руководитель аспирантов и докторантов, соруководитель PhD по архитектуре.

Академик А. Л. Гельфонд является руководителем образовательной программы «Архитектура» в ННГАСУ. Дипломные проекты и магистерские диссертации, выполненные под ее руководством, ежегодно отмечаются Дипломами

I степени МООСАО на Международных смотрах-конкурсах лучших дипломных проектов, Дипломами РААСН, СА РФ, МАСА.

А. Л. Гельфонд является председателем научно-методического совета по направлению Архитектура Федерального УМО по УГСН «Архитектура».

В 2006 г. под руководством Анны Лазаревны Гельфонд в ННГАСУ была организована Архитектурная мастерская, она стала ее создателем и главным архитектором. В составе авторских коллективов выполнено более 135 построек и проектов в г. Нижнем Новгороде и городах Нижегородской области, в том числе: гостиница «Октябрьская», «Ансамбль благоустройства площади Народного Единства», научно-проектная документация по сохранению объектов культурного наследия федерального значения – «Ансамбль нижегородского кремля, стены и башни», «Чкаловская лестница на нижегородском откосе», общественные пространства в рамках Национального проекта «Формирование комфортной городской среды», «Малые города и исторические поселения» (2018–2021 гг.).

Анна Лазаревна Гельфонд является руководителем международных научных и образовательных проектов, реализуемых ННГАСУ совместно с зарубежными университетами-партнерами: «Район Завтрашнего дня» по проектированию энергосберегающих зданий, в рамках сотрудничества с Университетом Зюйд (Нидерланды); совместное научное руководство аспирантами и докторантами с учеными Франции – Национальной Высшей школы архитектуры Гренобля, Архитектурной школы Пари-Маляке; осуществляет программу сотрудничества с университетом Политехника Милана (Италия).

Академик А. Л. Гельфонд ведет активную общественную работу. Она является членом архитектурного совета при Министерстве градостроительной деятельности и развития агломераций Нижегородской области, членом научно-экспертного совета Управления государственной охраны объектов культурного наследия Нижегородской области. Является экспертом РАН и РААСН.

Достижения Анны Лазаревны Гельфонд в научной, образовательной и общественной деятельности отмечены почетными званиями и наградами: Заслуженный работник культуры РФ (2018), Почетный работник высшего профессионального образования РФ (2006). Награждена серебряной медалью Академии художеств СССР (1991), медалью академика А. В. Иконникова «За выдающийся вклад в архитектурную науку» (2012), Дипломами лауреата фестивалей «Зодчество» (2014, 2021), «Архитектурное наследие» (2018, 2019), Лауреат Премий города Нижнего Новгорода (2006, 2020).

Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, редакционная коллегия Приволжского научного журнала, коллектив ННГАСУ, студенты, аспиранты и докторанты поздравляют Анну Лазаревну Гельфонд с избранием академиком РААСН и желают новых свершений в научной, образовательной и общественной жизни, много интересных проектов, талантливых учеников, счастья и благополучия!

**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ЧЛЕНУ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ
ПРИВОЛЖСКОГО НАУЧНОГО ЖУРНАЛА Е. А. АХМЕДОВОЙ
С ИЗБРАНИЕМ АКАДЕМИКОМ РААСН**



01 октября 2021 г. на Общем собрании Российской академии архитектуры и строительных наук по Отделению градостроительства академиком избрана Ахмедова Елена Александровна, заведующая кафедрой градостроительства Самарского государственного технического университета, доктор архитектуры, профессор, член редакционной коллегии Приволжского научного журнала.

Елена Александровна Ахмедова в 1973 году окончила Куйбышевский инженерно-строительный институт им. А. И. Микояна и получила квалификацию архитектора. В 1978 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата архитектуры на тему «Архитектурно-планировочная организация природных рекреационных территорий в групповых системах населенных мест (на примере Куйбышевской области)», а в 1995 году – диссертацию на соискание ученой степени доктора архитектуры на тему «Методы градостроительного регулирования региональной среды обитания (градостроительный мониторинг, оценка земель, прогноз развития)». Область научных интересов – градостроительная наука, региональная среда, городское пространство, городская инфраструктура и оборудование.

Академик Е. А. Ахмедова является автором более 100 научных статей. Постоянный участник международных и российских научных конференций, семинаров, форумов. Организатор трех ежегодных международных научно-технических конференций по научной теме «Мегаполизация России – XXI век: за и против» (среди участников: ученые-градостроители из России, стран СНГ и зарубежных стран – Испании, Нидерландов, Польши, Франции). Наиболее известные издания: монография «Региональный ландшафт: история, экология, композиция. Ландшафтные исследования в градостроительстве», монография «Градостроительное регулирование региональной среды обитания», монография «Самарская Лука: анализ состояния и прогноз развития архитектурно-ландшафтного комплекса», монография «Стратегическое городское планирование» (в соавторстве с С. Ф. Жилкиным, В. П. Андриевской, А. П. Эстриным, Т. В. Караковой, В. А. Шабановым), учебное пособие с грифом УМО по архитектуре и дизайну «Эстетика архитектуры и дизайна».

Под руководством Елены Александровны успешно защищены 2 докторские и 15 кандидатских диссертаций, с ее участием сформировалась региональная научная школа по градостроительству.

Елена Александровна Ахмедова является автором и соавтором 12 концептуальных градостроительных научно-проектных работ, в том числе тех, в которых прорабатывалась новая в 1990-е годы для отечественного градостроительства тематика – градостроительное регулирование городской среды на основе методов мониторинга, оценки городских земель, прогнозов будущего развития. Данные работы выполнялись по заказам городских администраций 10 городов Самарской области (в том числе Самары и Тольятти), внедрены в практику, на их основе сформированы цифровые системы дифференцированных налоговых платежей за городские земельные участки, с корректировкой используемые до сих пор. Результаты данных работ легли в основу ИСОГД Самарской области. Всего за весь период работы было выполнено более 30 различных научно-проектных работ в регионе. Выполненные работы были использованы в процессе принятия решения о получении городом Самарой статуса Исторического поселения регионального значения. В 2017–2019 гг. академик Е. А. Ахмедова активно участвовала в федеральном пилотном проекте «Умный город. Успешный регион».

Академик Е. А. Ахмедова с 2014 г. является членом Экспертного совета по строительству и архитектуре ВАК при Минобрнауки России, по научной специальности «Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов». Член Федерального УМО по укрупненной группе специальностей «Архитектура», председатель научно-методического совета по направлению «Градостроительство», с 2015 г. ведет работу по формированию новых федеральных государственных образовательных стандартов и примерных основных образовательных программ для высшего образования по направлению «Градостроительство» (ФГОС ВО 3+ и 3++ и соответственно ПООП) для бакалавриата и магистратуры.

Результаты деятельности Елены Александровны Ахмедовой отмечены наградами: медалью им. И. В. Жолтовского «За выдающийся вклад в архитектурное образование» вручена от Союза Архитекторов Российской Федерации (2008), Золотой медалью РААСН за Генеральный план г. о. Самара (в составе авторского коллектива: руководитель Ю. М. Корякин, Т. Я. Ребайн, И. Б. Галахов и др.), 2010 г.

Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, редакционная коллегия Приволжского научного журнала поздравляют Елену Александровну Ахмедову с избранием академиком РААСН и желают новых свершений в научной, образовательной и общественной жизни, много интересных проектов, талантливых учеников, счастья и благополучия!



СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Антонов А. И., Леденев В. И., Матвеева И. В., Соломатин Е. О. Методы оценки пространственно-временных изменений импульсного шума при проектировании шумозащиты в производственных зданиях	9
Монич Д. В. Метод оценки эффективности звукоизолирующих легких ограждающих конструкций	17
Монич Д. В. Метод расчета звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок	30
Лихачева С. Ю., Поздеев М. Л., Смагин И. В. Сравнительный анализ феноменологических критериев прочности каменной кладки при двусосном сжатии. 40	
Хазов П. А., Цветнова Л. Ю., Гордеевцева А. М., Сахарова Д. В. Динамический анализ каркасного высотного здания в г. Иркутске при ветровых и сейсмических воздействиях	48
Хазов П. А., Поздеев М. Л. Оптимизация форм энергоэффективных зданий с ветрогенераторами	55
Куклина И. Г. Исследование возможностей геокриологической разведки для строительства с использованием специальных транспортно-технологических машин 63	
Шеховцов Г. А. Теоретические основы и результаты моделирования односторонних способов определения крена куста промышленных металлических труб	73

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Бодров М. В., Смыков А. А., Юланова А. Ф., Руин А. Е. Повышение энергоэффективности пассивных систем обеспечения параметров микроклимата в производственных помещениях	84
Бодров М. В., Кузин В. Ю., Юланова А. Ф., Прыткова Е. М. О полезном использовании тепlopоступлений системами отопления современных многоквартирных жилых домов	89
Кочев А. Г., Соколов М. М. Исследование исторических систем по созданию и поддержанию микроклимата в православных храмах	96
Монаркин Н. Н., Монаркина Т. В., Лукин С. В., Кочкин А. А. Экспериментальное исследование уровня шума регенеративного теплоутилизатора	100

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Горохов Е. Н., Логинов В. И., Маленов А. А., Скворцов С. Я. Прогноз температурного режима и напряженно-деформированного состояния многолетнемерзлых грунтов при бурении нефтеразведочных скважин на арктическом шельфе	107
Горохов Е. Н., Чжан Р. В., Маленов А. А., Скворцов С. Я., Чжан А. А., Заболотник П. С. Анализ фильтрационной прочности и статической устойчивости основания и тела дамбы инженерной защиты селитебной территории в северной строительной климатической зоне (ССКЗ)	112

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Коган Л. П., Штенберг В. Б., Гордеев А. С., Красникова О. В. О возможности использования биологических объектов в целях оперативного мониторинга состояния природной среды в районах строительства и функционирования объектов промышленной и городской инфраструктуры	119
---	-----



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

Гельфонд А. Л. К 50-летию первого выпуска архитекторов ГИСИ – ННГАСУ.....	128
Орельская О. В. Томские архитекторы в Нижнем Новгороде	134
Горшкова Г. Ф. Архитектурная проекция времени в пространстве Земли.....	141
Кайдалова Е. В. Стиль в современной ландшафтной архитектуре.....	146
Кравченко И. С., Денисенко Е. В. Предпосылки формирования гибридной архитектуры.....	151

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Гельфонд А. Л. О мемориальных памятниках в творчестве архитектора С. А. Тимофеева.....	165
Яковлев А. А., Захарчук А. В. Цифровое моделирование природного аналога в архитектурном проектировании	172

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Орлова Л. П. Режим эффективного облучения территорий в годовых циклах.....	179
---	-----

ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

Новые издания.....	183
Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал».....	184

НА ОБЛОЖКЕ: Музейный комплекс «Усадьба Асеевых», г. Тамбов, набережная р. Цны. Фото Н. Н. Скалон



CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

- Antonov A. I., Ledenyov V. I., Matveeva I. V., Solomatin Ev. O.** Methods for estimating spatial-temporal changes of pulse noise at designing noise protection of industrial buildings... 9
- Monich D. V.** Method for assessing efficiency of sound insulating of lightweight building enclosures..... 17
- Monich D. V.** Calculation method of sound insulation of frame-sheathing partitions..... 30
- Likhachyova S. Yu., Pozdeev M. L., Smagin I. V.** Comparative analysis of phenomenological criteria of stone masonry strength at biaxial compression..... 40
- Khazov P. A., Tsvetnova L. Yu., Gordeevtseva A. M., Sakharova D. V.** Dynamic analysis of a frame high-rise building in Irkutsk under wind and seismic impacts..... 48
- Khazov P. A., Pozdeev M. L.** Form optimization of energy-efficient buildings with wind turbines..... 55
- Kuklina I. G.** Research of the possibilities of geocryological survey for construction with the use of special transportation and technological machines..... 63
- Shekhovtsov G. A.** Theoretical foundations and results of simulation of one-sided methods for determining the roll of a cluster of industrial metal chimneys..... 73

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

- Bodrov M. V., Smykov A. A., Yulanova A. F., Ruin A. E.** Increasing the energy efficiency of passive systems providing microclimate parameters in industrial spaces..... 84
- Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Yulanova A. F., Prytkova E. M.** About the useful use of heat supplies by heating systems of modern apartment residential buildings..... 89
- Kochev A. G., Sokolov M. M.** Research of historical systems for creation and maintenance of microclimate in the Orthodox churches..... 96
- Monarkin N. N., Monarkina T. V., Lukin S. V., Kochkin A. A.** Experimental study of the noise level of a regenerative heat exchanger..... 100

HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

- Gorokhov E. N., Loginov V. I., Malenov A. A., Skvortsov S. Ya.** Forecast of the temperature regime and stress-strain state of permafrost soils at drilling oil exploration wells on the arctic shelf..... 107
- Gorokhov E. N., Chzhan R. V., Malenov A. A., Skvortsov S. Ya., Chzhan A. A., Zabolotnik P. S.** Analysis of filtration strength and static stability of the base and body of the dam of the residential area engineering protection in the permafrost zone..... 112

ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND CITY ECONOMY

- Kogan L. P., Shtenberg V. B., Gordetsov A. S., Krasnikova O. V.** On the possibility of using biological objects for the purpose of continuous monitoring the condition of the natural environment in the areas of construction and functioning of industrial and urban infrastructure... 119

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

- Gelfond A. L.** To the 50th anniversary of the first graduation of architects from GISI – NNGASU 128
- Orelskaya O. V.** Tomsk architects in Nizhny Novgorod..... 134
- Gorshkova G. F.** The architectural projection of time within the Earth space..... 141



Kaydalova E. V. Style in modern landscape architecture.....	146
Kravchenko I. S., Denisenko E. V. Prerequisites for the formation of hybrid architecture.....	151

ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

Gelfond A. L. About memorial monuments in the creative works of architect S. A. Timofeev.....	165
Yakovlev A. A., Zakharchuk A. V. Digital modeling of a nature analogue in architectural design.....	172

TOWN-PLANNING, PLANNING RURAL BUILT-UP AREAS

Orlova L. N. Regime of effective irradiation of territories in annual cycles.....	179
--	-----

INFORMATION SECTION

New publications.....	183
List of requirements for publication in the scientific periodical "Privolzhsky Scientific Journal"	184

COVER PAGE: Museum complex "The Aseevs' Estate", Tambov, the Tsna River embankment. Photo by N. N. Skalon

УДК 534.21:628.517.2

А. И. АНТОНОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектуры и строительства зданий¹, вед. 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; **Е. О. СОЛОМАТИН**¹, канд. техн. наук, доц. кафедры городского строительства и автомобильных дорог

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ШУМОЗАЩИТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Россия, 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112, корп. Е. Тел.: (4752) 63-09-20, (4752) 63-03-72; эл. почта: gsiad@mail.tambov.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, проектирование шумозащиты, производственные здания, расчеты шума.

Рассматриваются методы расчета импульсного шума с позиций возможности их использования при оценке изменений пространственно-временных характеристик шума на стадии проектирования средств шумозащиты. Предложено для этой цели применять комбинированный метод расчета, позволяющий выполнять расчеты в помещениях любой сложной формы и обеспечивающий быстрое действие расчетов при вариантном проектировании шумозащиты в производственных помещениях с импульсными источниками звука.

На большинстве производственных предприятий используются оборудование и инструменты, создающие во время работы импульсный шум. К таким источникам звука, например, относятся клепальные молотки, гайковерты и другие инструменты кратковременного действия [1]. Известно, что по сравнению с постоянным шумом импульсный шум более негативно воздействует на человека [2]. Воздействия импульсного шума определяются не только повышенными уровнями звукового давления, но и рядом других его характеристик. К ним в первую очередь относятся длительность излучения импульса, форма излучения звуковой энергии импульса во времени, периодичность излучения импульсов.

Импульсные источники могут создавать уровни шума, существенно превышающие допустимые нормами величины, и, следовательно, в этих случаях требуется разработка шумозащитных мероприятий. В качестве таких мероприятий могут быть меры по изменению характеристик шума, излучаемого импульсными источниками, а также организационно-технологические и строительно-акустические мероприятия. В первом случае производится замена оборудования и инструментов на другие устройства с характеристиками излучаемого импульсного шума, оказывающими меньшее воздействие на организм человека [3]. В качестве организационно-технологических мероприятий разрабатываются технологические схемы производства, обеспечивающие максимальное удаление участков с малозащитными процессами от участков с импульсными источниками. Строительно-акустические меры применяются, когда указанные выше способы не обеспечивают в полном объеме требования норм. В этом случае производится устройство



звукоизолирующих конструкций и размещение на ограждениях звукопоглощающих облицовок. Выбор конкретных мероприятий производится на основе оценки их эффективности путем расчетов изменений параметров шума, происходящих в результате применения этих мер.

Исходя из особенностей импульсного шума, при выборе и оценке акустической и экономической эффективности мероприятий по его снижению необходимо использовать методы расчета, учитывающие изменения пространственных и временных параметров шума. Звуковая энергия в помещении создается прямой и отраженной составляющими энергии импульса. При расчете прямой энергии необходимо учитывать перечисленные выше временные характеристики излучаемого импульса энергии. Для оценки отраженной составляющей шума необходимо использовать методы, определяющие ее распределение в пространстве и изменения во времени. Пространственное распределение отраженной энергии в помещении зависит от его объемно-планировочных параметров, от звукопоглощения ограждений и от характера отражения звука от них [4].

Отражение звука является основным определяющим фактором при выборе расчетной модели для описания отраженного шума [5]. В производственных помещениях характер отражения звука может быть либо зеркально-диффузным, либо диффузным. При зеркально-диффузном отражении часть падающей на ограждение зеркальной энергии далее отражается зеркально, а другая ее часть диффузно рассеивается. При диффузном отражении вся падающая на ограждение энергия рассеивается полностью.

В случае зеркально-диффузного отражения в помещении образуется отраженное звуковое поле с постоянно изменяющимися во времени энергетическими характеристиками зеркальной и диффузной энергии. По этой причине при расчетах необходимо отдельно определять в каждый момент времени t энергию прямого звука и энергии зеркальной и диффузной составляющих. Расчет суммарного уровня шума в этом случае производится по формуле

$$L_i = 10 \lg [c (\varepsilon_i^{\text{пр}} + \varepsilon_i^3 + \varepsilon_i^{\text{д}}) / I_0], \quad (1)$$

где $\varepsilon_i^{\text{пр}}$, ε_i^3 , $\varepsilon_i^{\text{д}}$ – плотности звуковой энергии прямого звука, зеркальной и диффузной составляющих шума в расчетных точках помещения в момент времени t ; I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости; c – скорость звука в воздухе.

В процессе формирования отраженного звукового поля при зеркально-диффузном отражении звука от ограждений происходит постоянный переход зеркальной энергии в диффузную, и, следовательно, расчет их имеет значительные вычислительные трудности. Для решения этой задачи предложена комбинированная расчетная модель и компьютерная программа для ее реализации [6]. Так как расчеты требуют больших затрат времени на вычисления, расчетная модель использована нами только для исследований влияния различных факторов на формирование отраженных звуковых полей и в частности коэффициента рассеяния зеркальной энергии, падающей на ограждение.

Формирование и распределение отраженной энергии в пространстве помещения и ее изменения во времени при зеркально-диффузном отражении звука во многом определяется коэффициентом рассеяния падающей на ограждение зеркальной энергии. Установлено, что коэффициент рассеяния, определяющий долю диффузно рассеянной энергии от всей падающей на ограждение зеркальной энергии, для разных ограждений может быть в пределах от 0,10 до 0,90 [7]. В случае



производственных помещений величина коэффициента рассеяния практически всегда более 0,20. Выполненные исследования показали, что при коэффициенте рассеяния 0,20 и более в отраженном звуковом поле преобладает диффузная энергия и, следовательно, она в основном определяет пространственные и временные изменения импульсного шума. Данное обстоятельство позволяет использовать при оценке импульсного шума методы расчета отраженной энергии, основанные на представлениях о ее диффузном характере.

На выбор метода расчета существенное влияние оказывает процесс распределения диффузно рассеянной отраженной энергии по помещению. Известно, что ее распределение зависит от пропорций помещения [8]. Все основные производственные помещения являются несоразмерными длинными или плоскими помещениями, в которых отраженное звуковое поле имеет квазидиффузный характер [9]. Для такого поля характерно наличие спадов отраженной энергии по мере удаления от источника шума. Следовательно, метод расчета должен учитывать, наряду с изменениями энергии во времени, также ее изменения по пространству помещения.

При таких условиях для расчета непостоянного во времени шума, в том числе и импульсного, были предложены методы, основанные на решении уравнения

$$\frac{\partial \varepsilon_{(r,t)}}{\partial t} - \eta \nabla^2 \varepsilon_{(r,t)} + cm_b = F_{(r,t)}, \quad (2)$$

описывающего распределение отраженной энергии в квазидиффузных звуковых полях помещений [8]. Однозначность решения определяется заданием граничных и начальных условий. Граничные условия имеют вид

$$\left. \frac{\partial \varepsilon}{\partial \bar{n}} \right|_S = - \frac{\alpha_S}{(2 - \alpha_S)} \varepsilon_{(r,t)} \Big|_S, \quad (3)$$

а начальные условия определяются сведениями о распределении отраженной звуковой энергии по помещению в момент времени t_0 .

В выражениях (2) и (3) ∇^2 – оператор Лапласа; m_b – пространственный коэффициент затухания звука в воздухе; $F_{(r,t)} = W(1 - \bar{\alpha})/dv$ – количество излученной отраженной звуковой энергии в объем dv ; W – мощность источника; $\bar{\alpha}$ – средний коэффициент звукопоглощения помещения, α_S – коэффициент звукопоглощения на участке поверхности ограждения S ; $\eta = 0,5cl_{cp}$ – коэффициент связи плотности потока и градиента плотности отраженной энергии в квазидиффузном звуковом поле [9]; l_{cp} – длина среднего пробега звуковых лучей в помещении.

Для реализации расчетной модели предложены два метода. В обоих методах начальные условия задаются в виде

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{W_t(1 - \bar{\alpha})dt}{V_{nc}}; (x_1, x_2, x_3) \in V_{nc}, \\ \varepsilon = 0; (x_1, x_2, x_3) \in V_{nc}, \end{cases} \quad (4)$$

где W_t – энергия импульса, излучаемая источником.

Условия (4) установлены исходя из того, что величина энергии импульса $W_t(1 - \bar{\alpha})dt$, участвующая в формировании отраженного поля, при промежутке времени излучения импульса dt первоначально распределяется в малом объеме V_{nc} . Возможность такого приближенного задания начальных условий подтверждена путем сравнения расчетных и экспериментальных данных, полученных для

производственных помещений с различными геометрическими пропорциями [8].

Для решения уравнения (2) с граничными и начальными условиями в виде (3) и (4) разработан численный метод расчета. В этом случае при определении пространственных и временных характеристик импульсного шума использован прямой разностный метод. Подробно его методика рассмотрена в статье [10]. Согласно ей, весь объем помещения делится на ряд элементарных объемов, и для каждого из них составляются уравнения баланса отраженной энергии. Решение уравнений дает возможность определять изменение плотности звуковой энергии и, соответственно, уровней звуковой энергии во времени во всех расчетных точках помещения. Метод может применяться в помещениях любой сложной формы, к его существенным недостаткам относятся большие затраты времени на вычисления в случае использования трехмерной расчетной модели.

Для решения уравнения (2) с условиями (3) и (4) можно также использовать метод разделения переменных (метод Фурье), который подробно рассмотрен в работе [8]. К недостаткам метода можно отнести невозможность его использования в помещениях сложной формы.

Более широкие возможности при оценке пространственно-временных изменений импульсного шума имеет комбинированный метод расчета, в котором вначале определяется пространственное распределение энергии импульса, а затем ее временные изменения в каждой расчетной точке. Схема изменений отраженной энергии импульса в расчетной точке во времени приведена на рис. 1.

Для оценки пространственного распределения энергии импульса применен прием определения максимальной отраженной энергии импульса мощностью W_t путем использования соотношения

$$\varepsilon_{\text{им}}^{\text{отр}} = \frac{\varepsilon_{\text{п}}^{\text{отр}}}{W_{\text{п}}} W_t = \varepsilon_{\text{уд}}^{\text{отр}} W_t, \quad (5)$$

где $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{отр}}$ – плотность отраженной энергии в расчетной точке при действии в помещении источника постоянной звуковой мощности $W_{\text{п}}$; $\varepsilon_{\text{уд}}^{\text{отр}} = \varepsilon_{\text{п}}^{\text{отр}} / W_{\text{п}}$, – плотность отраженной энергии, приходящейся на единицу мощности источника в конкретной точке помещения.

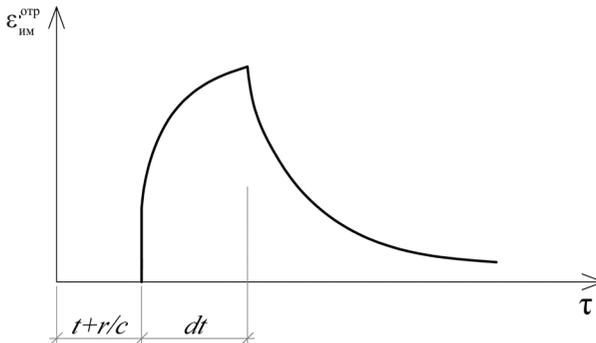


Рис. 1. Схема изменения энергии импульса в расчетной точке: t – время излучения импульса источником; r/c – время прихода импульса в расчетную точку; dt – продолжительность импульса



Сведения о пространственном распределении отраженной энергии импульса можно получить из решения задачи по определению плотности отраженной энергии $\varepsilon_n^{\text{отр}}$ постоянного шума при действии в помещении источника мощностью W_n . Для расчета $\varepsilon_n^{\text{отр}}$ в этом случае следует использовать численный статистический энергетический метод, основанный на решении уравнения

$$\eta \nabla^2 \varepsilon_n^{\text{отр}} - c m_b \varepsilon_n^{\text{отр}} = 0 \quad (6)$$

с граничными условиями

$$q|_{dS} = (1 - \alpha_S) I_n|_{dS} - \frac{c \alpha_S}{2(2 - \alpha_S)} \varepsilon_n^{\text{отр}}|_{dS}, \quad (7)$$

где I_n – интенсивность прямой звуковой энергии, падающей на элемент поверхности dS с учетом угла падения лучей.

Первый член в правой части выражения (7) показывает приход в помещение отраженной энергии с поверхностями ограждений, а второй член – ее потери на ограждениях помещения.

Методика расчетов с использованием численного статистического энергетического метода подробно рассмотрена в статьях [10, 11].

Временные изменения величины отраженной энергии импульса в условиях квазидиффузного поля соответствуют ее изменениям в диффузном поле. В этом случае величины плотности отраженной энергии импульса можно определять, используя зависимости, полученные для диффузного поля

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{y_d}^{\text{отр}} W_t \left[1 - \exp\left(-\frac{\bar{\alpha} c t - t - r/c}{l_{cp}}\right) \right] \text{ при } (t+r/c) < (\tau(t+r/c + \Delta t)) \\ \varepsilon_{y_d}^{\text{отр}} W_t \left[1 - \exp\left(-\frac{\bar{\alpha} c \Delta t}{l_{cp}}\right) \right] \exp\left(-\frac{\bar{\alpha} c (\tau - t - r/c - \Delta t)}{l_{cp}}\right) \text{ при } \tau > (t+r/c + \Delta t) \end{array} \right. \quad (8)$$

Уравнения (8) записаны при условиях нарастания и затухания отраженной энергии импульса по зависимости Сэбина. Аналогично записываются выражения при использовании зависимости Эйринга. В этом случае в уравнениях (8) $\bar{\alpha}$ заменяется на $-\ln(1 - \bar{\alpha})$.

Выполненные сравнительные расчеты пространственно-временных изменений импульсного шума прямым разностным методом, методом разделения переменных и комбинированным методом показали преимущество последнего. Так как расчет пространственных характеристик для всех расчетных точек производится одновременно, а временные изменения его вычисляются с использованием простых уравнений (8), метод имеет высокое быстродействие. Он позволяет выполнить расчеты при любой сложной форме помещений и наличии в них крупногабаритного оборудования. Метод за счет распределенного введения с поверхностей ограждений отражаемой энергии прямого звука в объем помещения (см. формулу (8)) имеет более высокую точность и хорошо реагирует на изменения звукопоглощающих характеристик помещений.

Пример оценки изменений уровней звукового давления в плоском производственном помещении размерами $60 \times 60 \times 6$ м при расположении импульсного источника в точке с координатами $x = 10$ м, $y = 30$ м, $z = 1,2$ м при изменении звукопоглощения помещения приведен на рис. 2.

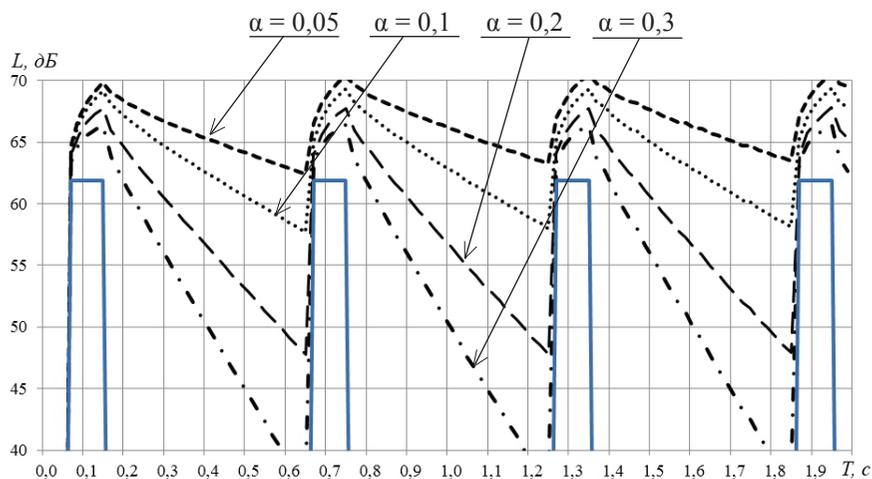


Рис. 2. Изменение уровней звукового давления в расчетной точке на расстоянии $r = 16$ м от источника шума при периодичности действия источника 0,6 с и длительности прямоугольного импульса 0,1 с при средних коэффициентах звукопоглощения помещения: $\alpha = 0,05$ (---); $\alpha = 0,1$ (····); $\alpha = 0,2$ (-·-·-); $\alpha = 0,3$ (- - - - -).

Видно, что с ростом звукопоглощения в помещении возрастает разность максимального и минимального уровней и, соответственно, возрастает вредность воздействия импульсного шума [2, 3].

По указанным причинам комбинированный метод рекомендуется для практических расчетов при оценке изменений параметров импульсного шума, происходящих в результате применения шумозащитных мер.

Метод позволяет производить оценку изменений уровней шума при разных формах излучения энергии импульса, изменении периодичности излучения импульсов, изменении длительности действия импульса, изменении расстояний между источником и расчетной точкой, изменении звукопоглощающих характеристик помещения, изменении фонового шума в помещении с источником [12, 13].

Метод дает возможность устанавливать зоны помещений, на которых импульсный шум превышает допустимые нормами величины, и тем самым производить целенаправленное проектирование организационно-технологических и строительно-акустических мер защиты от шума.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указания по применению строительно-акустических методов борьбы с производственным шумом и повышению звукоизоляции ограждающими конструкциями жилых и служебно-технических зданий железнодорожного транспорта при капитальном ремонте. – Москва : Транспорт, 1982. – 86 с. – Текст : непосредственный.
2. Суворов, Г. А. Импульсный шум и его влияние на организм человека / Г. А. Суворов, А. М. Лихницкий. – Ленинград : Медицина, 1975. – 207 с. – Текст : непосредственный.
3. Каньшин, В. Б. Исследование воздействия и рассмотрение методов снижения шумов импульсного характера на организм человека / В. Б. Каньшин. – Текст : непосредственный // III Всесоюзная конференция по борьбе с шумом и вибрацией : материалы тезисов докладов секции «Действие шума и вибраций на организм». – Челябинск, 1980. – С. 24–27.
4. Антонов, А. И. Условия, определяющие процессы формирования шумового режима в замкнутых объемах, и их учет при оценке распределения звуковой энергии в по-



мещениях / А. И. Антонов, А. В. Бацунова, И. Л. Шубин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2015. – № 3(35). – С. 89–96.

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. Calculation of impulse noise with mirror-diffuse reflection of sound from fences / A. Antonov, I. Matveeva, I. Shubin, I. Tsukernikov // Akustika. – 2019. – Volume 4. – P. 90–105. – Doi:10.36336/akustika20193488.

7. Giyasov, B. I. Method for noise calculation under specular and diffuse reflection of sound / B. I. Giyasov, V. I. Ledenyov, I. V. Matveeva. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 1 (77). – С. 13–22.

8. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных зданиях / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 274 с. – ISBN 978-5-4499-0616-8. – Текст : непосредственный.

9. Coupling Coefficient of Flux Density and Density Gradient of Reflected Sound Energy in Quasi-Diffuse Sound Fields / A. I. Antonov, V. I. Ledenev, T. O. Nevenchannaya, I. E. Tsukernikov, I. L. Shubin // Journal of Theoretical and Computational Acoustics. – 2019. – Volume 27, № 2. – Doi: 10.1142/S2591728518500536.

10. Antonov A. I. Numerical Method for Impulse Noise Calculation with Diffuse Sound Reflection / A. I. Antonov, V. I. Ledenev, I. L. Shubin // IOP Conference Series Materials Science and Engineering 1079(4):042044. – 2021 (март). – Doi:10.1088/1757-899X/1079/4/042044.

11. Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection / I. Tsukernikov, A. Antonov, V. Ledenev, I. Shubin, T. Nevenchannaya // Procedia Engineering (sm. v knigakh). – 2017. – № 176. – С. 218. – Doi:10.1016/j.proeng.2017.02.291.

ANTONOV Aleksandr Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of architecture and building construction¹, leading researcher²; LEDENYOV Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of urban development and road construction¹, leading researcher²; MATVEEVA Irina Vladimirovna¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of urban development and road construction; SOLOMATIN Evgeny Olegovich¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of urban development and road construction

METHODS FOR ESTIMATING SPATIAL-TEMPORAL CHANGES OF PULSE NOISE AT DESIGNING NOISE PROTECTION OF INDUSTRIAL BUILDINGS

¹Tambov State Technical University

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

²Research Institute of Building Physics of RAACS

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

Key words: pulse noise, noise protection design, industrial buildings, noise calculations.

The article considers methods of calculating pulse noise from the standpoint of the possibility of their use in assessing changes in the spatial and temporal characteristics of noise at the stage of designing devices of noise protection. It is proposed to use a combined calculation method for this purpose, which allows performing calculations in spaces of any complex shape and provides fast calculations for the optimal design of noise protection in industrial premises with pulse sound sources.



REFERENCES

1. Ukazaniya po primeneniyu stroitelno-akusticheskikh metodov borby s proizvodstvennym shumom i povysheniyu zvukoizolyatsii ograzhdayuschimi konstruktivnymi zhilykh i sluzhebno-tekhnicheskikh zdaniy zheleznodorozhnogo transporta pri kapitalnom remonte [Instructions on the use of construction and acoustic methods to combat industrial noise and to increase sound insulation by enclosing structures of residential and service-technical buildings of railway transport during major repairs]. – Moscow: Transport, 1982, 86 p.
2. Suvorov G. A., Likhitskiy A.M. Impul'snyy shum i ego vliyaniye na organizm cheloveka [Pulse noise and its effect on the human body]. – Leningrad: Meditsina, 1975, 207 p.
3. Kanshin V. B. Issledovaniye vozdeystviya i rassmotreniye metodov snizheniya shumov impul'snogo kharaktera na organizm cheloveka [Investigation of the impact and consideration of methods for reducing pulse noise on the human body] // III Vsesoyuznaya konferentsiya po borbe s shumom i vibratsiyey: materialy tezisev dokladov sektsii «Deystvie shuma i vibratsiy na organizm» [III All-Union conference on combating noise and vibration: materials of the abstracts of the reports of the section «The effect of noise and vibrations on the body»]. – Chelyabinsk, 1980. – P. 24–27.
4. Antonov A. I., Batsunova A. V., Shubin I. L. Usloviya, opredelyayushchie protsessy formirovaniya shumovogo rezhima v zamknytykh obyomakh, i ikh uchyt pri otsenke raspredeleniya zvukovoy energii v pomescheniyakh [The conditions defining processes of formation of the noise mode in closed spaces, and their consideration at assessment of sound energy distribution in rooms] // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2015. – № 3(35). – P. 89–96.
5. Antonov A. I., Ledenyov V. I., Matveeva I. V., Fyodorova O. O. Vliyaniye kharaktera otrazheniya zvuka ot ograzhdeniy na vybor metoda raschyota vozdušnogo shuma v grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniyakh [Influence of the mode of sound reflection from walls on selection of the method of air noise calculating in civil and industrial buildings] // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2017. – № 2(42). – P. 16–23.
6. Antonov A., Matveeva I., Shubin I., Tsukernikov I. Calculation of impulse noise with mirror-diffuse reflection of sound from fences / Akustika, 2019. Vol. 4. – P. 90–105. doi:10.36336/akustika20193488.
7. Giyasov B. I., Ledenyov V. I., Matveeva I. V. Method for noise calculation under specular and diffuse reflection of sound / Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal [Magazine of Civil Engineering]. – 2018. – № 1 (77). – P. 13–22.
8. Antonov A. I., Ledenyov V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty shuma pri proektirovaniy 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., Ledenev V. I., Nevenchannaya T. O., Tsukernikov I. E., Shubin I. L. Coupling Coefficient of Flux Density and Density Gradient of Reflected Sound Energy in Quasi-Diffuse Sound Fields / Journal of Theoretical and Computational Acoustics. 2019. Vol. 27. № 2. doi: 10.1142/S2591728518500536.
10. Antonov A. I., Ledenev V. I., Shubin I. L. Numerical Method for Impulse Noise Calculation with Diffuse Sound Reflection / IOP Conference Series Materials Science and Engineering 1079(4):042044. doi:10.1088/1757-899X/1079/4/042044.
11. Tsukernikov I., Antonov A., Ledenev V., Shubin I., Nevenchannaya T. Noise calculation method for industrial premises with bulky equipment at mirror-diffuse sound reflection / Procedia Engineering (sm. v knigakh). 2017. – № 176. – P. 218. doi:10.1016/j.proeng.2017.02.291.

© А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, Е. О. Соломатин, 2021

Получено: 23.09.2021 г.



УДК 699.844

Д. В. МОНИЧ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ ЛЕГКИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-46;
эл. почта: dmitriy.monich@mail.ru

Ключевые слова: легкие ограждающие конструкции, перегородки, новые конструктивные решения, требования функциональности, требования рациональности.

Представлен анализ комплекса основных и специальных требований к внутренним вертикальным звукоизолирующим ограждающим конструкциям зданий. Разработан интегральный метод оценки новых конструктивных решений звукоизолирующих ограждений по эффективности их применения в зданиях, по сравнению с ограждениями-аналогами. Определены три класса эффективности звукоизолирующих ограждений.

Проектирование ограждающих конструкций является одним из основных этапов разработки объемно-планировочного решения здания. При этом должно быть обеспечено соблюдение комплекса требований Федерального закона № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» в течение всего периода эксплуатации здания. В главе 2, статье 10 данного закона перечислены требования безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях по различным показателям, включая «защиту от шума в помещениях жилых и общественных зданий и в рабочих зонах производственных зданий».

Одним из наиболее эффективных способов снижения шума в помещениях зданий является применение звукоизолирующих ограждающих конструкций – стен, перегородок, кожухов и др. [1] – [13].

Звукоизоляция – это свойство ограждающей конструкции уменьшать энергию звуковых волн, передающихся через нее. Количественные требования по звукоизоляции ограждающих конструкций зданий установлены в СП 51.13330 «Защита от шума», с учетом изм. № 1 (раздел 9). В соответствии с Постановлением Правительства России № 985 от 04.07.2020 г. выполнение данных требований является обязательным для соблюдения требований Федерального закона № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

При проектировании звукоизолирующих ограждающих конструкций, формирующих «оболочку здания» и «оболочку каждого помещения», необходимо учитывать комплекс требований к их свойствам, определяемый в зависимости от функции здания и функции каждого помещения.

На рис. 1 цв. вклейки приведена схема с определением комплекса требований на примере внутренних вертикальных звукоизолирующих ограждающих конструкций (стены и перегородки между помещениями). В нижней части схемы размещены прямоугольники с требованиями, которые предъявляются к внутренним звукоизолирующим ограждающим конструкциям зданий. При этом использованы следующие обозначения:

1) прямоугольники со сплошным контуром обозначают основные требования, которые относятся ко всем типам зданий:

– прочность, устойчивость, долговечность ограждающих конструкций;



- огнестойкость ограждающих конструкций;
 - звукоизоляция ограждающих конструкций от воздушного шума;
 - влагостойкость ограждающих конструкций (для влажных помещений);
- 2) прямоугольники с пунктирным контуром обозначают специальные требования, которые относятся к помещениям со специальными требованиями:
- звукопоглощение ограждающих конструкций (для зальных помещений, помещений с источниками шума);
 - радиационная защита ограждающих конструкций (для специальных помещений).

Для выполнения основных требований, предъявляемых к внутренним вертикальным звукоизолирующим ограждающим конструкциям зданий (стены, перегородки), должно выполняться следующее условие:

$$P_p(P_1; P_2; P_3; P_4) \geq P_{тр}(P_1; P_2; P_3; P_4), \quad (1)$$

где P_p – расчетные значения параметров ограждающей конструкции, определяющих ее свойства; $P_{тр}$ – требуемые значения параметров ограждающей конструкции, определяющих ее свойства: P_1 – звукоизоляция (индекс изоляции воздушного шума); P_2 – прочность, устойчивость, долговечность; P_3 – огнестойкость; P_4 – влагостойкость ограждающих конструкций (для влажных помещений).

Важно отметить, что в выражении (1) должны одновременно выполняться все основные требования к ограждающей конструкции. Если одно из требований не будет выполняться, то такая ограждающая конструкция не может применяться в строительстве.

Для выполнения специальных требований (при их наличии), предъявляемых к внутренним вертикальным звукоизолирующим ограждающим конструкциям (стены, перегородки), должно выполняться следующее условие:

$$P_p(P_5; P_6) \geq P_{тр}(P_5; P_6), \quad (2)$$

где P_p – расчетные значения параметров ограждающей конструкции, определяющих ее свойства; $P_{тр}$ – требуемые значения параметров ограждающей конструкции, определяющих ее свойства: P_5 – звукопоглощение ограждающих конструкций (для зальных помещений, помещений с источниками шума); P_6 – радиационная защита ограждающих конструкций (для специальных помещений).

Выполнение условий (1), (2) обеспечивается на этапе проектирования здания путем проведения соответствующих расчетов ограждающих конструкций, с учетом функции здания в целом и функций отдельных помещений. С учетом этого будем в дальнейшем называть требования (1), (2) **требованиями по функциональности** новых конструктивных решений звукоизолирующих ограждающих конструкций.

Однако выполнения только этих условий в современном строительстве недостаточно. Для обеспечения экономической рентабельности строительства необходимо также обеспечить выполнение комплекса требований по рациональности конструктивных решений ограждающих конструкций:

1) требования по уменьшению нагрузок на несущие конструкции зданий от ограждающих конструкций (необходимо для снижения материалоемкости несущих конструкций здания: перекрытий, колонн каркаса и (или) несущих стен, фундамента);

2) требования по уменьшению площади, занимаемой ограждающими конструкциями в зданиях (необходимо для увеличения полезной площади помещений зданий).

Комплекс данных требований можно записать в виде следующего условия:

$$KP_H(P; S) \leq KP_A(P; S), \quad (3)$$

**К СТАТЬЕ Д. В. МОНИЧА «МЕТОД ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ ЛЕГКИХ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ»**

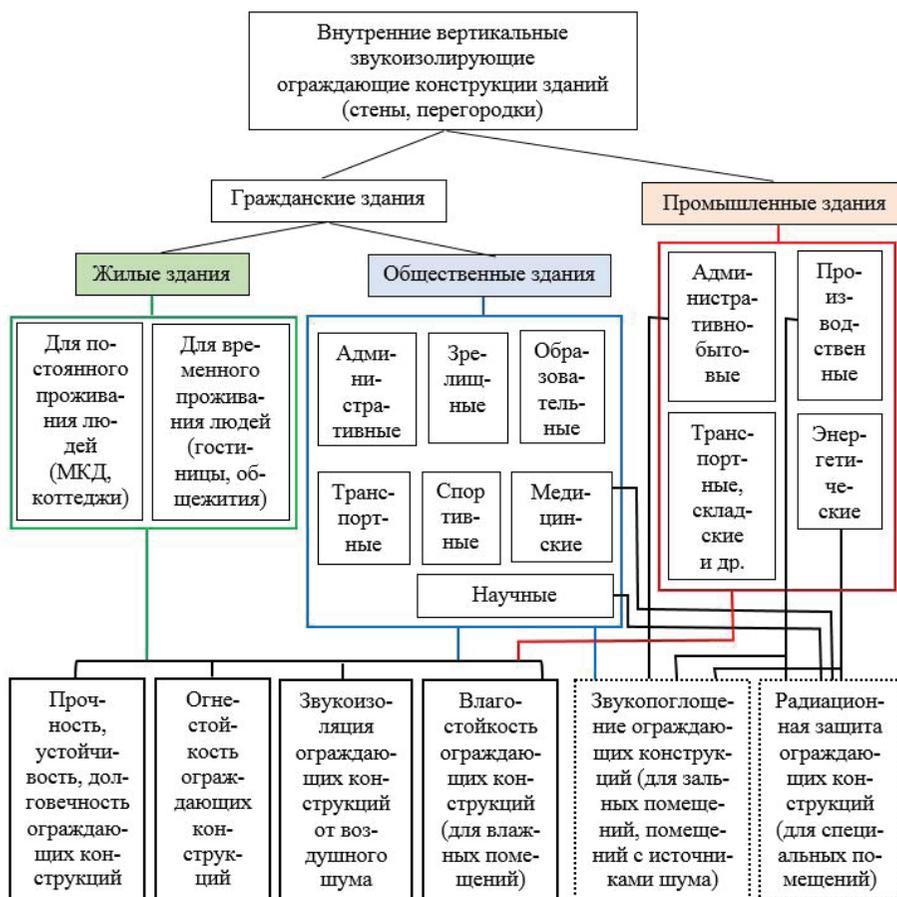


Рис. 1. Схема с определением комплекса требований для внутренних звукоизолирующих ограждений зданий (стены и перегородки между помещениями)

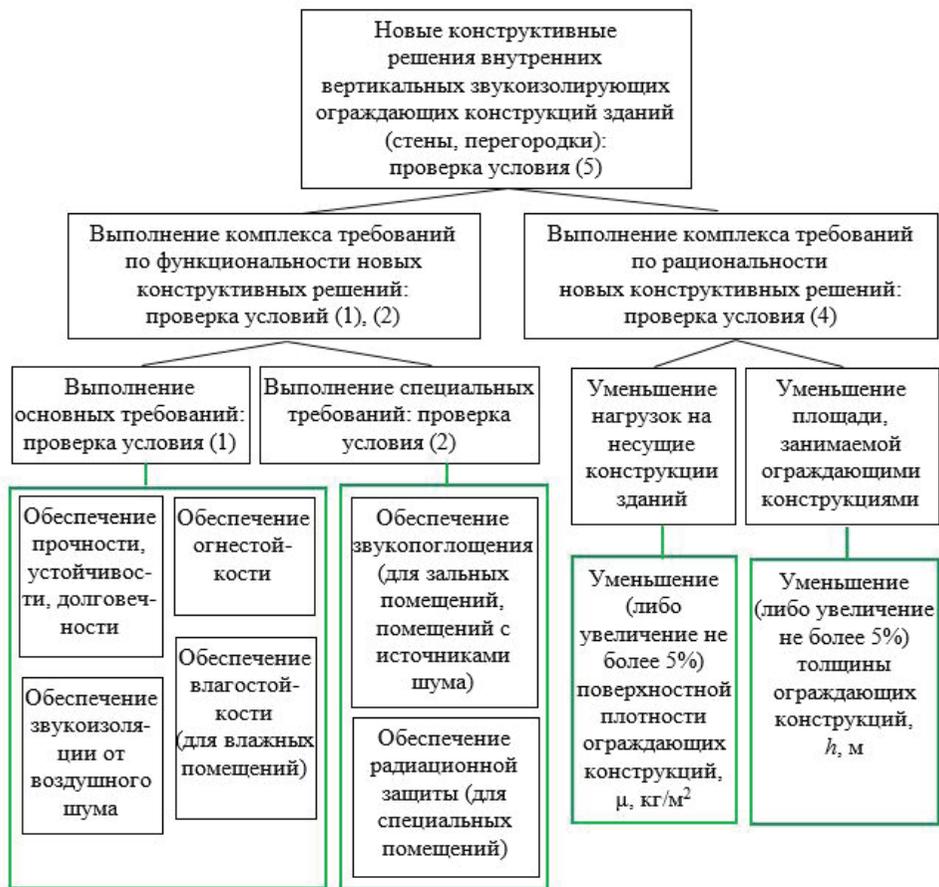


Рис. 2. Схема проверки новых конструктивных решений внутренних вертикальных звукоизолирующих ограждений зданий (стены и перегородки между помещениями) на соответствие комплексу требований по функциональности и по рациональности

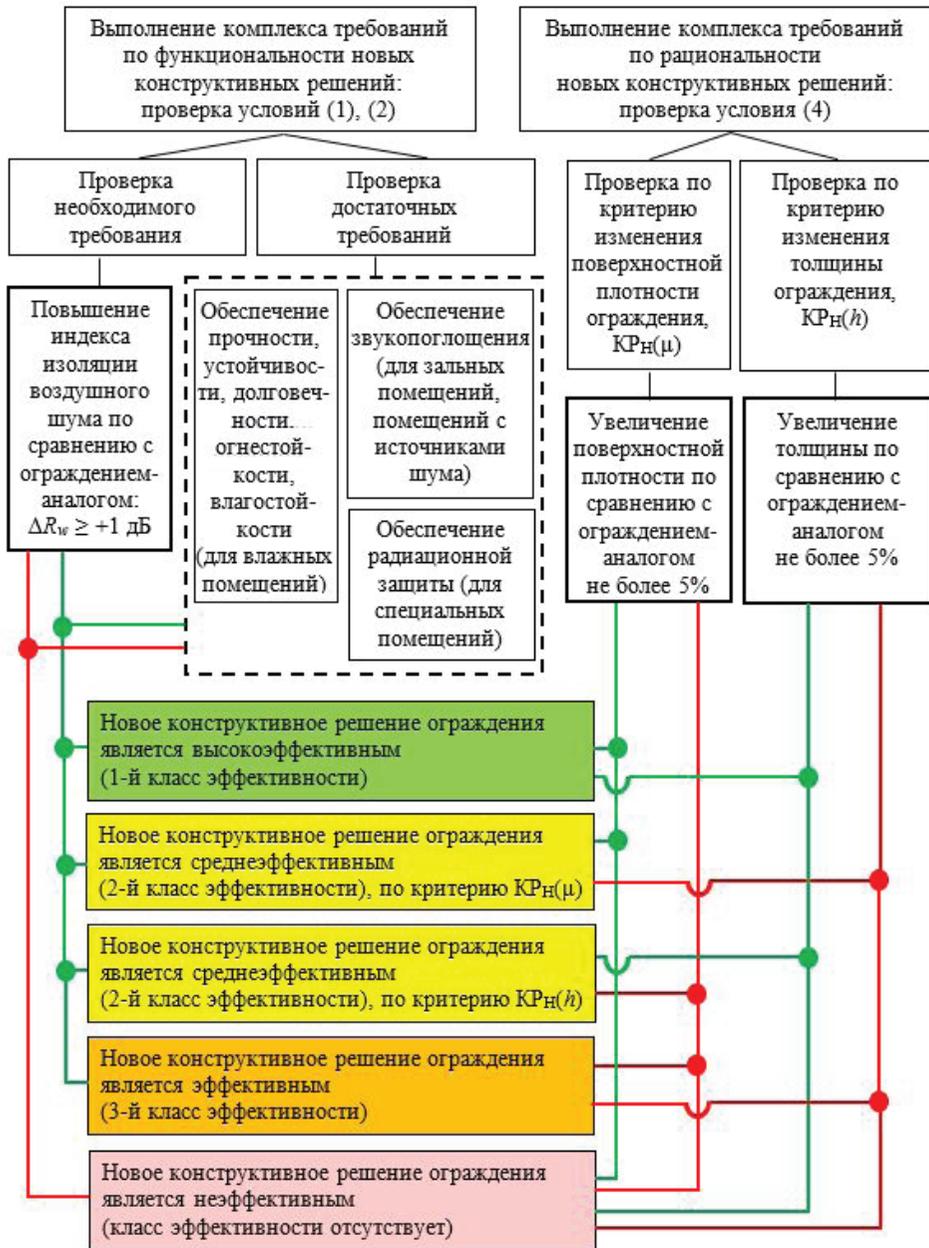


Рис. 3. Схема применения интегрального метода оценки новых конструктивных решений вертикальных звукоизолирующих ограждающих конструкций зданий (стены и перегородки между помещениями) по эффективности их применения в зданиях, по сравнению с ограждениями-аналогами. Зеленые линии обозначают соответствие параметра требованиям, красные линии – отсутствие соответствия

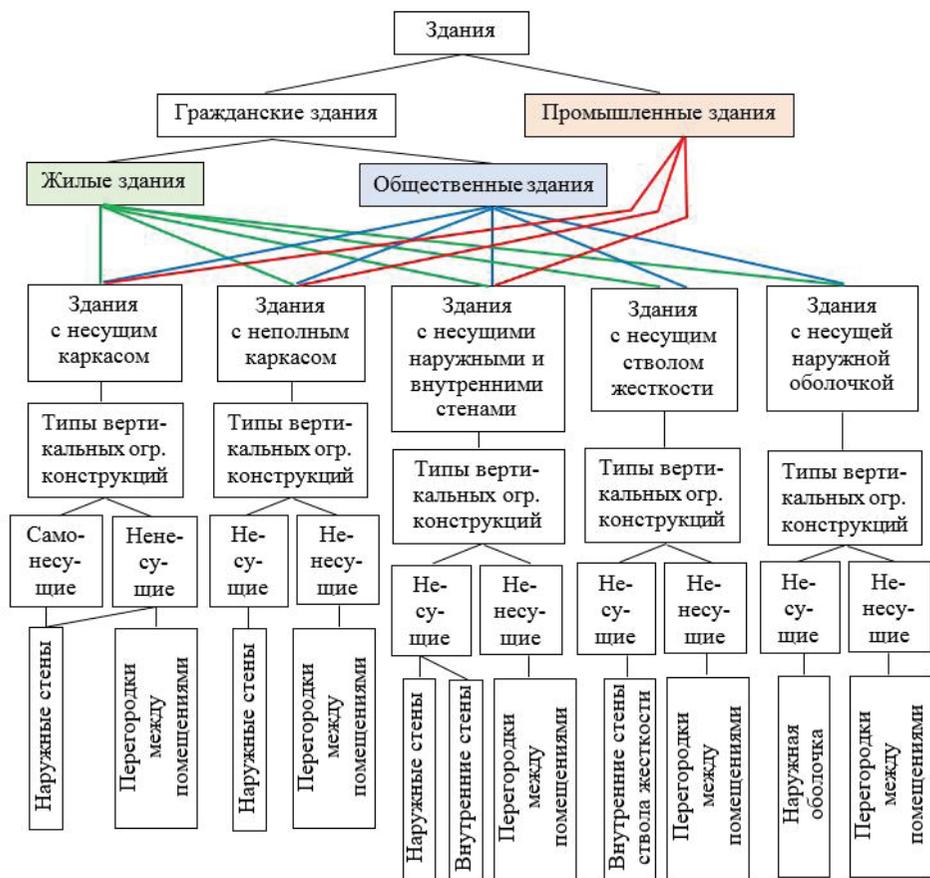


Рис. 4. Классификация зданий с различными конструктивными системами с указанием типов применяемых вертикальных ограждающих (огр.) конструкций



где KP_H – критерии рациональности новых конструктивных решений ограждающих конструкций; KP_A – критерии рациональности конструктивных решений существующих аналогов; P – нагрузка на перекрытие от ограждающей конструкции, Па; S – площадь, занимаемая ограждающей конструкцией на перекрытии здания, м².

Условие (3) можно записать в следующем виде:

$$KP_H(\mu; h) \leq KP_A(\mu; h), \quad (4)$$

где KP_H – критерии рациональности новых конструктивных решений ограждающих конструкций; KP_A – критерии рациональности конструктивных решений существующих аналогов; μ – поверхностная плотность ограждающей конструкции, кг/м²; h – толщина ограждающей конструкции, м.

В дальнейшем будем называть требования (4) **требованиями по рациональности** новых конструктивных решений звукоизолирующих ограждающих конструкций.

Таким образом, при разработке новых конструктивных решений (НКР) звукоизолирующих ограждений должны одновременно выполняться требования по функциональности (1), (2) и требования по рациональности (4):

$$НКР = \begin{cases} \Pi_p(\Pi_1; \Pi_2; \Pi_3; \Pi_4) \geq \Pi_{тр}(\Pi_1; \Pi_2; \Pi_3; \Pi_4); \\ \Pi_p(\Pi_5; \Pi_6) \geq \Pi_{тр}(\Pi_5; \Pi_6); \\ KP_H(\mu; h) \leq KP_A(\mu; h). \end{cases} \quad (5)$$

На основании проведенного анализа можно сделать следующий вывод: новые конструктивные решения внутренних вертикальных звукоизолирующих ограждающих конструкций зданий (стены и перегородки между помещениями) должны одновременно соответствовать комплексу требований по функциональности и рациональности:

1) соответствовать требованиям по функциональности новых конструктивных решений, т. е. комплексу требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (условиям (1), (2)):

1.1) основным требованиям к ограждающим конструкциям зданий (условию (1)):

- по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности;
- по обеспечению огнестойкости;
- по обеспечению звукоизоляции от воздушного шума;
- по обеспечению влагостойкости (для влажных помещений);

1.2) специальным требованиям к ограждающим конструкциям зданий, при необходимости (условию (2)):

- по обеспечению звукопоглощения (для зальных помещений, помещений с источниками шума);
- по обеспечению радиационной защиты (для специальных помещений);
- соответствовать требованиям по рациональности новых конструктивных решений (условию (4)):

2.1) уменьшение нагрузок на несущие конструкции зданий:

– уменьшение поверхностной плотности ограждающих конструкций (μ , кг/м²) по сравнению с ограждениями-аналогами. При обоснованной необходимости допускается незначительное увеличение поверхностной плотности (не более 5%);

2.2) уменьшение площади, занимаемой ограждающими конструкциями:

– уменьшение толщины ограждающих конструкций по сравнению с ограждениями-аналогами (h , м). При обоснованной необходимости допускается незначительное увеличение толщины (не более 5 %).

Данный комплекс требований показан в виде схемы на рис. 2 цв. вклейки.

Важно отметить, что для новых конструктивных решений звукоизолирующих ограждающих конструкций необходимым условием является повышение звукоизо-



ляции от воздушного шума по сравнению с ограждениями-аналогами. Остальные требования по функциональности будем считать достаточными условиями для применения новых конструктивных решений звукоизолирующих ограждающих конструкций. С учетом этого сравнение параметров новых конструктивных решений звукоизолирующих ограждающих конструкций с ограждениями-аналогами предлагается проводить по 3 требованиям:

1) **по требованию функциональности нового конструктивного решения** – в качестве необходимого требования принято повышение индекса изоляции воздушного шума по сравнению с ограждением-аналогом (ΔR_w , дБ). Для соответствия требованию функциональности данный параметр должен иметь положительную величину: $\Delta R_w \geq +1$ дБ. При этом достаточные требования (по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности, огнестойкости и др.) также должны выполняться;

2) **по требованиям рациональности нового конструктивного решения:**

2.1) по критерию изменения поверхностной плотности ограждения, $KP_H(\mu)$:
– в качестве данного требования принято изменение поверхностной плотности ограждающей конструкции по сравнению с ограждением-аналогом. Для соответствия требованию рациональности по критерию $KP_H(\mu)$ поверхностная плотность ограждающей конструкции не должна увеличиваться более чем на 5 % по сравнению с ограждением-аналогом;

2.2) по критерию изменения толщины ограждения, $KP_H(h)$:
– в качестве данного требования принято изменение толщины ограждающей конструкции по сравнению с ограждением-аналогом. Для соответствия требованию рациональности по критерию $KP_H(h)$ толщина ограждающей конструкции не должна увеличиваться более чем на 5 % по сравнению с ограждением-аналогом.

Для совместного учета вышеуказанных требований разработан интегральный метод оценки новых конструктивных решений вертикальных звукоизолирующих ограждающих конструкций зданий (стены и перегородки между помещениями) по эффективности их применения в зданиях по сравнению с ограждениями-аналогами:

1) новое конструктивное решение ограждения является *высокоэффективным* (1-й класс эффективности) в случае одновременного соответствия требованию функциональности и двум требованиям рациональности;

2) новое конструктивное решение ограждения является *среднеэффективным* (2-й класс эффективности) в случае одновременного соответствия требованию функциональности и одному требованию рациональности;

3) новое конструктивное решение ограждения является *эффективным* (3-й класс эффективности) в случае соответствия только требованию функциональности. При этом изменение индекса изоляции воздушного шума по сравнению с ограждением-аналогом должно составлять $\Delta R_w \geq +5$ дБ;

4) новое конструктивное решение ограждения является *неэффективным* (класс эффективности отсутствует) во всех остальных случаях.

На рис. 3 цв. вклейки интегральный метод оценки эффективности новых конструктивных решений легких ограждений представлен в виде схемы.

При проектировании зданий применяются основные и комбинированные конструктивные системы. На рис. 4 цв. вклейки приведены конструктивные системы, которые имеют наибольшее применение в практике гражданского и промышленного строительства. На основании проведенной классификации выполнен анализ применения различных типов вертикальных ограждающих конструкций в различных типах зданий. Для каждого типа здания были определены количественные показатели применения различных типов вертикальных ограждающих конструкций –



коэффициенты площади, определенные по формуле:

$$K = \frac{S}{S_{\text{общ}}} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где S – площадь поверхности вертикальных ограждающих конструкций данного типа в здании, м^2 ; $S_{\text{общ}}$ – общая площадь поверхностей вертикальных ограждающих конструкций в здании, м^2 .

Проведенный анализ показал, что перегородки между помещениями являются наиболее распространенным типом вертикальных ограждающих конструкций зданий: они требуются для всех типов зданий и составляют большую часть от площади вертикальных ограждающих конструкций:

1) для гражданских и промышленных зданий с несущим каркасом:

$$K = 54 - 68 \%;$$

2) для гражданских и промышленных зданий с неполным каркасом:

$$K = 38 - 56 \%;$$

3) для гражданских и промышленных зданий с несущими наружными и внутренними стенами:

$$K = 30 - 35 \%;$$

4) для гражданских высотных зданий с несущим стволом жесткости:

$$K = 58 - 68 \%.$$

Теория самосогласования волновых полей [10] определяет прохождение звука через ограждающие конструкции с двумя типами волн – резонансное прохождение звука в режиме собственных колебаний и инерционное прохождение звука в режиме инерционных колебаний. При отсутствии резонансного прохождения звука ($\tau_r = 0$) обеспечивается случай предельной звукоизоляции ограждающих конструкций [10]. Это позволяет вычислить резервы повышения звукоизоляции ограждающей конструкции (Δr , дБ), определяемые как разница между предельной и собственной звукоизоляцией [14]. С учетом этого, дополнительно к условию (5) для новых конструктивных решений звукоизолирующих ограждающих конструкций необходимо проверять эффективность использования резервов повышения звукоизоляции:

$$KЭ_{\text{н}}(\Sigma\Delta r) \leq KЭ_{\text{а}}(\Sigma\Delta r), \quad (7)$$

где $KЭ_{\text{н}}(\Sigma\Delta r)$ – критерий эффективности использования резервов повышения звукоизоляции для новых конструктивных решений ограждающих конструкций; $KЭ_{\text{а}}(\Sigma\Delta r)$ – критерий эффективности использования резервов повышения звукоизоляции для существующих аналогов ограждающих конструкций; Δr – резервы повышения звукоизоляции новых конструктивных решений ограждающих конструкций, дБ.

Критерий эффективности использования резервов повышения звукоизоляции для новых конструктивных решений ограждающих конструкций определяется следующим образом: сумма резервов повышения звукоизоляции для нового конструктивного решения ограждения ($(\Sigma\Delta r)_{\text{н}}$, дБ) не должна превышать сумму резервов повышения звукоизоляции для ограждения-аналога ($(\Sigma\Delta r)_{\text{а}}$, дБ):

$$(\Sigma\Delta r)_{\text{н}} \leq (\Sigma\Delta r)_{\text{а}}, \quad (8)$$

где $(\Sigma\Delta r) = \Delta r_1 + \Delta r_2 + \dots + \Delta r_{16}$ – сумма резервов повышения звукоизоляции, дБ; $\Delta r_1, \Delta r_2, \dots, \Delta r_{16}$ – резервы повышения звукоизоляции в каждой из 16 третьоктавных полос нормируемого диапазона частот ($f = 100 - 3150$ Гц).

Выполнение условия (8) означает, что частотная характеристика звукоизоляции ограждения с новым конструктивным решением приближается к частотной характеристике предельной звукоизоляции (при этом величина $(\Sigma\Delta r)_{\text{н}}$ уменьшается). Это означает, что резервы повышения звукоизоляции используются более эф-



фективно, чем для ограждения-аналога, т. е. новое конструктивное решение ограждения обеспечивает более эффективное снижение резонансного прохождения звука (τ_r).

Будем считать условие (8) дополнительным (рекомендуемым, но не обязательным), по отношению к обязательному условию (5) для новых конструктивных решений ограждающих конструкций.

Далее представлены результаты применения интегрального метода оценки эффективности новых конструктивных решений на примере легкой перегородки с бескаркасными антирезонансными панелями [15], [16]. В качестве ограждающей конструкции с новым конструктивным решением рассмотрена перегородка из пазогребневых гипсовых плит (ППП) с антирезонансными панелями (АРП) из гипсоволокнистых листов (ГВЛ), с упругим слоем из матов полиэфирного волокна (ПЭВ). Конструктивную схему данного ограждения – см. рис. 2 [16]. В качестве ограждений-аналогов рассмотрены:

- 1) ограждение-аналог № 1 – однослойная легкая перегородка из ППП равной поверхностной плотности;
- 2) ограждение-аналог № 2 – однослойная легкая перегородка из ППП равной толщины.

Этап № 1. Сравнение параметров нового конструктивного решения легкой перегородки с параметрами ограждений-аналогов по трем обязательным требованиям (условию (5)) и дополнительному требованию (условию (8)):

1) **по обязательному требованию функциональности** нового конструктивного решения:

– в качестве данного требования принято изменение индекса изоляции воздушного шума по сравнению с ограждением-аналогом (ΔR_w , дБ):

$$\Delta R_w = R_{wH} - R_{wA}, \quad (9)$$

где R_{wH} – индекс изоляции воздушного шума нового конструктивного решения ограждения, дБ; R_{wA} – индекс изоляции воздушного шума ограждения-аналога, дБ.

Для соответствия требованию функциональности данный параметр должен иметь положительную величину: $\Delta R_w \geq +1$ дБ;

2) **по обязательным требованиям рациональности** нового конструктивного решения:

2.1) по критерию изменения поверхностной плотности ограждения, $KP_H(\mu)$:

– в качестве данного требования принято изменение поверхностной плотности ограждения по сравнению с ограждением-аналогом ($\Delta\mu$, %):

$$\Delta\mu = \frac{\mu_H - \mu_A}{\mu_A} \cdot 100 \%, \quad (10)$$

где μ_H – поверхностная плотность нового конструктивного решения ограждения, кг/м²; μ_A – поверхностная плотность ограждения-аналога, кг/м².

Для соответствия требованию рациональности по критерию $KP_H(\mu)$ поверхностная плотность ограждения не должна увеличиваться более чем на 5 % по сравнению с ограждением-аналогом: $\Delta\mu \leq +5\%$;

2.2) по критерию изменения толщины ограждения, $KP_H(h)$:

– в качестве данного требования принято изменение толщины ограждения по сравнению с ограждением-аналогом (Δh_{en} , %):

$$\Delta h_{en} = \frac{h_{enH} - h_{enA}}{h_{enA}} \cdot 100 \%, \quad (11)$$

где h_{enH} – толщина нового конструктивного решения ограждения, м; h_{enA} – толщина ограждения-аналога, м.



Для соответствия требованию рациональности по критерию КРН(h) толщина ограждения не должна увеличиваться более чем на 5 % по сравнению с ограждением-аналогом: $\Delta h_{en} \leq +5 \%$;

3) по дополнительному требованию:

– по критерию эффективности использования резервов повышения звукоизоляции ограждения, $KЭ_H(\Sigma\Delta r)$. В качестве данного требования принято изменение суммы резервов повышения звукоизоляции ограждения по сравнению с ограждением-аналогом ($\Delta\Sigma\Delta r$, дБ):

$$\Delta\Sigma\Delta r = (\Sigma\Delta r)_H - (\Sigma\Delta r)_A, \quad (12)$$

где $(\Sigma\Delta r)_H$ – сумма резервов повышения звукоизоляции для нового конструктивного решения ограждения, дБ; $(\Sigma\Delta r)_A$ – сумма резервов повышения звукоизоляции для ограждения-аналога, дБ.

Для соответствия требованию эффективности использования резервов повышения звукоизоляции по критерию $KЭ_H(\Sigma\Delta r)$ сумма резервов повышения звукоизоляции ограждения не должна быть больше, чем для ограждения-аналога: $\Delta\Sigma\Delta r \leq 0$ дБ.

Сравнение параметров нового конструктивного решения легкой перегородки с антирезонансными панелями с параметрами ограждений-аналогов представлены в табл. 1. Данное сравнение также представлено в графическом виде (на рисунке).

Этап № 2. Оценка эффективности нового конструктивного решения легкой перегородки с антирезонансными панелями.

Данная оценка выполнена с учетом классов эффективности ограждающих конструкций, представленных выше. Для этого использовались результаты сравнения параметров нового конструктивного решения легкой перегородки с антирезонансными панелями с параметрами двух ограждений-аналогов (см. табл. 1). Результаты оценки эффективности представлены в табл. 2.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) Проведен анализ комплекса основных и специальных требований к внутренним вертикальным звукоизолирующим ограждающим конструкциям зданий (стены и перегородки между помещениями).

2) Определены две группы обязательных требований, которым должны соответствовать новые конструктивные решения звукоизолирующих ограждающих конструкций – требования функциональности и требования рациональности. В качестве дополнительного требования предложено использовать эффективность использования резервов повышения звукоизоляции ограждения.

3) Разработан интегральный метод оценки новых конструктивных решений звукоизолирующих ограждений по эффективности их применения в зданиях, по сравнению с ограждениями-аналогами. Определены три класса эффективности звукоизолирующих ограждений.

4) Установлено, что перегородки между помещениями различных типов зданий являются одним из важных элементов объемно-планировочного решения. В большинстве случаев именно перегородки формируют «оболочку помещений» здания, обеспечивая безопасность и комфортность проживания и пребывания людей, %.

5) Рассмотрено применение разработанного метода оценки эффективности звукоизолирующих ограждающих конструкций на примере легкой перегородки из пазогребневых гипсовых плит с антирезонансными панелями. Выполнено сравнение параметров нового конструктивного решения легкой перегородки с двумя ограждениями-аналогами (равной поверхностной плотности и равной толщины). По результатам сравнения определен класс эффективности нового конструктивного решения легкой перегородки.

Таблица 1

Сравнение параметров нового конструктивного решения легкой перегородки из ППЦ с антирезонансными панелями из ГВЛ с параметрами ограждений-аналогов

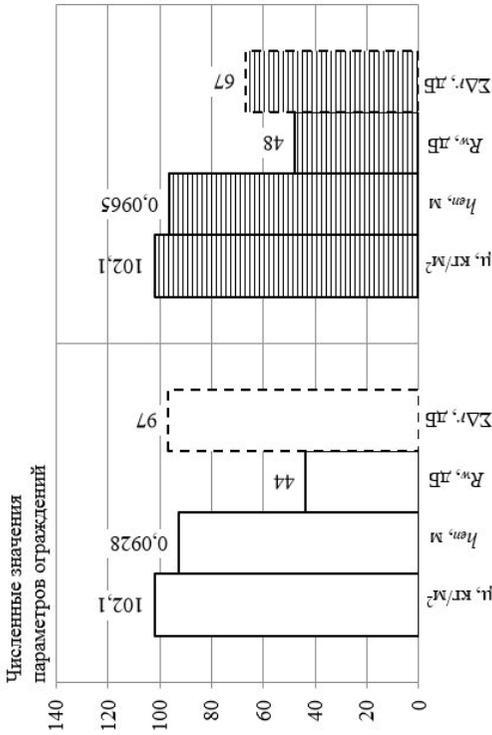
Номер схемы	Конструктивная схема ограждения	Ссылка на рисунок со схемой конструктивного решения ограждения	Описание конструктивной схемы ограждения	Параметры конструктивного решения ограждения				Соответствие требованиям функциональности (по изменению индекса изоляции воздушного звукоизоляции, ΔR_w , дБ (обязат-е))	Соответствие требованиям рациональности (обязательные): по критерию изменения толщины ограждения, $K_{Pн}(h)$	Соответствие требованиям эффективности использования ресурсов повышения звукоизоляции (рекомендуемое)
				Плотность, μ , кг/м ³	Толщина, $h_{пер}$, мм	Индекс изоляции воздушного шума, R_w , дБ	Суммарное повышение индекса изоляции воздушного звукоизоляции, $\Sigma \Delta R_w$, дБ			
1		–	Ограждение-аналог № 1: односторонняя перегородка из ППЦ равной плотности	102,1	92,8	44	97	–	–	–
2	Конструктивная схема легкой перегородки из ППЦ, с антирезонансными панелями из ГВЛ толщиной $h_2 = 12,5$ мм	См. рис. 2 [16]	Легкая перегородка из ППЦ ($h_1 = 80$ мм), АРП из ГВЛ ($h_2 = 12,5$ мм), упр. слой из матов ПЭВ ($h_3 = 4$ мм), $l = 500$ мм	102,1	96,5	48	67	Соответствует ($\Delta R_w = +4$ дБ)	Соответствует ($\Delta h_{пер} = +3,99\%$)	Соответствует ($\Delta \Sigma \Delta R_w = -30$ дБ)



Окончание табл. 1

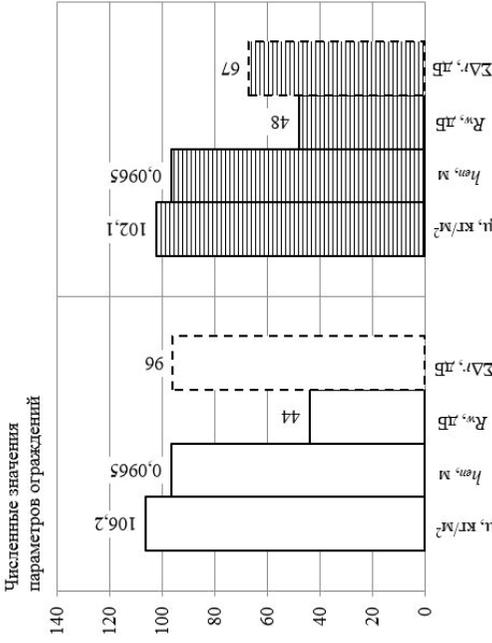
Но- мер схе- мы	Конструктивная схема ограждения	Ссылка на рису- нок со схемой конструк- тивного решения огражде- ния	Описание конструктивной схемы ограждения	Параметры конструктивного решения ограждения				Соответ- ствие тре- бованиям функциональ- ности (по измене- нию ин- декса изо- ляции воз- душного звуко- изоляция, шума, дБ R_w , дБ $\Sigma \Delta r$, дБ	Соответ- ствие тре- бованиям рациональности (обязательные): по крите- рию изме- нения по- верх- ностной плотности огражде- ния, $K_{PH}(h)$	Соответствие требованиям рациональности (обязательные): по крите- рию изме- нения тол- щины огражде- ния, $K_{PH}(h)$	Соответ- ствие требованиям эффективно- сти исполь- зования ре- зервов повы- шения зву- коизоляции (рекоменду- емое)
				По- верх- ност- ная плот- ность, μ , кг/м ²	Тол- щина, $h_{тер}$, мм	Индекс изоляции воз- душ- ного звука, шума, дБ R_w , дБ	Сумма резер- вов по- выше- ния звуко- изоляция, шума, дБ $\Sigma \Delta r$, дБ				
3		-	Ограждение-аналог № 2: од- нослойная пере- городка из ПП равной тол- щины	106,2	96,5	44	96	-	-	-	
4	Конструктивная схема легкой перегородки из ПП, с антивибрационными панелями ГВЛ толщиной $h_2 = 12,5$ мм										
4.1		См. рис. 2 [16]	Легкая перето- родка из ПП ($h_1 = 80$ мм), АРП из ГВЛ ($h_2 = 12,5$ мм), упр. слой из ма- тов ПЭВ ($h_3 =$ $= 4$ мм), $l =$ $= 500$ мм	102,1	96,5	48	67	Соответ- ствует ($\Delta R_w =$ $= +4$ дБ)	Соответ- ствует ($\Delta \mu =$ $= -4\%$)	Соответ- ствует ($\Delta N_{рег} =$ $= 0$)	Соответ- ствует ($\Delta \Sigma \Delta r =$ $= -29$ дБ)

а



Тип ограждения	Ограждение-аналог № 1: однослойная перегородка из ППП равной поверхностной плотности
Описание	Ограждение с новым конструктивным решением: ОЛП из ППП ($h_1 = 80$ мм), АРП из ГВЛ ($h_2 = 12,5$ мм), упругий слой из матов ПЭВ ($h_3 = 4$ мм), $l = 500$ мм

б



Тип ограждения	Ограждение-аналог № 2: однослойная перегородка из ППП равной толщины
Описание	Ограждение с новым конструктивным решением: ОЛП из ППП ($h_1 = 80$ мм), АРП из ГВЛ ($h_2 = 12,5$ мм), упругий слой из матов ПЭВ ($h_3 = 4$ мм), $l = 500$ мм

Сравнение параметров нового конструктивного решения легкой перегородки из ППП, с антрирезонансными панелями из ГВЛ с параметрами ограждений-аналогов (по данным, представленным в табл. 1): а – сравнение с ограждением-аналогом № 1 (однослойная перегородка из ППП равной поверхностной плотности); б – сравнение с ограждением-аналогом № 2 (однослойная перегородка из ППП равной толщины)

Оценка эффективности нового конструктивного решения легкой перегородки из ППП, с антирезонансными панелями из ГВЛ по сравнению с ограждениями-аналогами

Номер схемы	Конструктивная схема ограждения	Ссылка на рисунок со схемой конструктивного решения ограждения	Описание конструктивной схемы ограждения	Класс эффективности нового конструктивного решения ограждения
1	По сравнению с ограждением-аналогом № 1 (однослойная перегородка из ППП равной поверхностной плотности)			
1.1		См. рис. 2 [16]	Легкая перегородка из ППП ($h_1 = 80$ мм), антирезонансная панель из ГВЛ ($h_2 = 12,5$ мм), упругий слой из матов ПЭВ ($h_3 = 4$ мм), $l = 500$ мм	Высокоэффективное конструктивное решение (1-й класс эффективности)
2	По сравнению с ограждением-аналогом № 2 (однослойная перегородка из ППП равной толщины)			
2.1		См. рис. 2 [16]	Легкая перегородка из ППП ($h_1 = 80$ мм), антирезонансная панель из ГВЛ ($h_2 = 12,5$ мм), упругий слой из матов ПЭВ ($h_3 = 4$ мм), $l = 500$ мм	Высокоэффективное конструктивное решение (1-й класс эффективности)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борьба с шумом на производстве : справочник / Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн [и др.] ; под общей редакцией Е. Я. Юдина. – Москва : Машиностроение, 1985. – 400 с. – Текст : непосредственный.
2. Осипов, Г. Л. Защита зданий от шума / Г. Л. Осипов. – Москва : Стройиздат, 1972. – 216 с. – Текст : непосредственный.
3. Иванов, Н. И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах / Н. И. Иванов. – Москва : Транспорт, 1979. – 272 с. – Текст : непосредственный.
4. Крейтан, В. Г. Защита от внутренних шумов в жилых домах / В. Г. Крейтан. – Москва : Стройиздат, 1990. – 260 с. – ISBN 5-274-01086-5. – Текст : непосредственный.
5. Заборов, В. И. Звукоизоляция в жилых и общественных зданиях / В. И. Заборов, Э. М. Лалаев, В. Н. Никольский. – Москва : Стройиздат, 1979. – 254 с. – Текст : непосредственный.
6. Ковригин, С. Д. Архитектурно-строительная акустика : учебное пособие для вузов / С. Д. Ковригин. – Москва : Высшая школа, 1980. – 184 с. – Текст : непосредственный.
7. Справочник по технической акустике : перевод с немецкого / под редакцией М. Хекла, Х. А. Мюллера. – Ленинград : Судостроение, 1980. – 329 с. – Текст : непосредственный.



8. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Г. Л. Осипов, Е. Я. Юдин, Г. Хюбнер [и др.] ; под редакцией Г. Л. Осипова, Е. Я. Юдина. – Москва : Стройиздат, 1987. – 557 с. : ил. – Текст : непосредственный.
9. Никифоров, А. С. Акустическое проектирование судовых конструкций : справочник / А. С. Никифоров. – Ленинград : Судостроение, 1990. – 200 с. – ISBN 5-7355-0188-7. – Текст : непосредственный.
10. Седов, М. С. Звукоизоляция / М. С. Седов. – Текст : непосредственный // Техническая акустика транспортных машин : справочник / под редакцией Н. И. Иванова. – 1992. – Гл. 4. – С. 68–105.
11. Овсянников, С. Н. Распространение звуковой вибрации в гражданских зданиях / С. Н. Овсянников. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2000. – 378 с. – ISBN 5930570329. – Текст : непосредственный.
12. Звукоизоляция и звукопоглощение : учебное пособие / Г. Л. Осипов, В. Н. Бобылев, Л. А. Борисов [и др.] ; под редакцией Г. Л. Осипова, В. Н. Бобылева. – Москва : АСТ : Астрель, 2004. – 450 с. – ISBN 5-17-026286-8. – Текст : непосредственный.
13. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных зданиях : монография / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 274 с. – ISBN 978-5-4499-0616-8. – Текст : непосредственный.
14. Резервы повышения звукоизоляции однослойных ограждающих конструкций : монография / В. Н. Бобылев, В. А. Тишков, Д. В. Монич, П. А. Гребнев – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2014. – 118 с. – ISBN 978-5-87941-998-6. – Текст : непосредственный.
15. Патент № 155100U1 Российская Федерация, МПК E04B 1/74, E04B 2/76. Звукоизолирующее ограждение : № 2014123099/03 : заявл. 05.06.2014 : опубл. 20.09.2015 / Бобылев В. Н., Гребнев П. А., Монич Д. В., Тишков В. А. ; заявитель и патентообразователь Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – 4 с. : ил. – Текст : непосредственный.
16. Звукоизоляция однослойных легких перегородок с антирезонансными панелями / В. Н. Бобылев, В. И. Ерофеев, Д. В. Монич [и др.]. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 3. – С. 46–55.

MONICH Dmitriy Viktorovich, candidate of technical science, professor of the chair of architecture

METHOD FOR ASSESSING OF EFFICIENCY OF SOUND INSULATING LIGHTWEIGHT BUILDING ENCLOSURES

Nizhniy Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Ilinskaya st., Nizhniy Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-46;
e-mail: dmitriy.monich@mail.ru

Key words: lightweight enclosing structures, partitions, new design solutions, functionality requirements, rationality requirements.

The analysis of a set of basic and special requirements for internal vertical sound-insulating building enclosures is presented. An integral method has been developed for evaluating new design solutions for sound-insulating building enclosures based on the effectiveness of their use in buildings, in comparison with enclosure-analogous. Three efficiency classes of sound-insulating building enclosures have been identified.

REFERENCES

1. Yudin E. Ya., Borisov L. A., Gorenshtein I. V., et al. Borba s shumom na proizvodstve [The fight against noise in production]: spravochnik. Pod obsch. red. E. Ya. Yudina. Moscow:



Mashinostroenie, 1985. – 400 p.

2. Osipov G. L. Zashchita zdaniy ot shuma [Protecting buildings from noise]. Moscow: Stroyizdat, 1972. – 216 p.

3. Ivanov N. I. Borba s shumom i vibratsiyami na putevykh i stroitelnykh mashinakh [Fighting noise and vibration on track and construction machines]. Moscow: Transport, 1979. – 272 p.

4. Kreytan V. G. Zashchita ot vnutrennikh шумов v zhilykh domakh [Protection against internal noise in residential buildings]. Moscow: Stroyizdat, 1990. – 260 p. – ISBN 5-274-01086-5.

5. Zaborov V. I., Lalaev E. M., Nikolsky V. N. Zvukoizolyatsiya v zhilykh i obshchestvennykh zdaniyakh [Sound insulation in residential and public buildings]. Moscow: Stroyizdat, 1979. – 254 p.

6. Kovrigin S. D. Arkhitekturno-stroitel'naya akustika [Architectural and construction acoustics]: ucheb. posobie dlya vuzov. Moscow: Vyssh. shkola, 1980. – 184 p.

7. Spravochnik po tekhnicheskoy akustike [Technical Acoustics Handbook]: perevod s nem. Pod red. M. Khekla i Kh. A. Myullera. Leningrad: Sudostroenie, 1980. – 329 p.

8. Osipov G. L., Yudin E. Ya., Khyubner G., et al. Snizhenie shuma v zdaniyakh i zhilykh rayonakh [Reducing noise in buildings and residential areas]. Pod red. G. L. Osipova, E. Ya. Yudina. Moscow: Stroyizdat, 1987. – 557 p.

9. Nikiforov A. S. Akusticheskoe proektirovanie sudovykh konstruksiy [Acoustic design of ship structures]: spravochnik. Leningrad: Sudostroenie, 1990. – 200 p. – ISBN 5-7355-0188-7.

10. Sedov M. S. Zvukoizolyatsiya [Sound insulation]. Tekhnicheskaya akustika transportnykh mashin [Technical acoustics of transport machines]: spravochnik, pod red. N. I. Ivanova. 1992. Ch. 4. P. 68–105.

11. Ovsyannikov S. N. Rasprostranenie zvukovoy vibratsii v grazhdanskikh zdaniyakh [Sound vibration propagation in civil buildings]. Tomsk: Izd-vo TGASU, 2000. – 378 p. – ISBN 5930570329.

12. Osipov G. L., Boblyov V. N., Borisov L. A., et al. Zvukoizolyatsiya i zvukopogloschenie [Sound insulation and sound absorption]: uchebnoe posobie. Pod red. G. L. Osipova, V. N. Boblyova. Moscow: AST, Astrel, 2004. – 450 p. – ISBN 5-17-026286-8.

13. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty shuma pri proektirovanii shumozashchity v proizvodstvennykh zdaniyakh [Calculations of noise in designing noise protection in industrial buildings]. Monografiya. Moscow, Berlin: Direkt-Media, 2020. – 274 p. ISBN 978-5-4499-0616-8.

14. Boblyov V. N., Tishkov V. A., Monich D. V., Grebnev P. A. Rezervy povysheniya zvukoizolyatsii odnosloynnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Reserves for improving sound insulation of single-layer enclosing structures]. Monografiya. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2014. – 118 p. ISBN 978-5-87941-998-6.

15. Boblyov V. N., Grebnev P. A., Monich D. V., Tishkov V. A. Patent № 155100U1 Rossiyskaya Federatsiya Zvukoizoliruyushee ograzhdenie [Sound insulating enclosure]. MPK E04B 1/74, E04B 2/76. Zvukoizoliruyushee ograzhdenie: № 2014123099/03 : zayavl. 05.06.2014 : opubl. 20.09.2015 ; zayavitel i patentoobrazovatel Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – 4 p. : il.

16. Boblyov V. N., Erofeev V. I., Monich D. V., et al. Zvukoizolyatsiya odnosloynnykh lyogkikh peregorodok s antirezonansnymi panelyami [Sound insulation of single-layer lightweight partitions with anti-resonant panels] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. № 3. – P. 46–55.

© Д. В. Монич, 2021

Получено: 18.09.2021 г.



УДК 699.844

Д. В. МОНИЧ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры

МЕТОД РАСЧЕТА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ КАРКАСНО-ОБШИВНЫХ ПЕРЕГОРОДОК

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-46;
эл. почта: dmitriy.monich@mail.ru

Ключевые слова: звукоизоляция, резонансное прохождение звука, инерционное прохождение звука, самосогласование волновых полей, каркасно-обшивная перегородка.

Представлен теоретический метод расчета звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок конечных геометрических размеров, разработанный на базе теории самосогласования волновых полей. Метод предназначен для применения при проектировании ограждающих конструкций между помещениями гражданских и промышленных зданий. На примере каркасно-обшивной перегородки с двойным каркасом проведено сравнение результатов теоретических расчетов и экспериментальных измерений в лабораторных условиях.

Каркасно-обшивные перегородки являются многослойными легкими ограждающими конструкциями ($20 < \mu \leq 100 \text{ кг/м}^2$), состоящими из двух листовых обшивок, закрепляемых по каркасу. Воздушный промежуток между обшивками может быть свободным или с заполнением звукопоглощающим материалом небольшой плотности. Применение данного типа ограждений является массовым для гражданского и промышленного строительства.

Наиболее распространенными типами каркасно-обшивных перегородок являются перегородки с одинарным и двойным каркасом из тонкостенных стальных профилей (около 83 % площади ежегодно возводимых в России перегородок). Схемы конструктивных решений данных типов ограждающих конструкций приведены на рис. 1.

Каркасно-обшивные перегородки в своей основе являются двойным ограждением – две тонкие обшивки, разделенные воздушным промежутком. Исследованиями звукоизоляции двойных ограждений занимались многие зарубежные и отечественные ученые – Е. Винтергерст [1], А. Шох [2], И. Г. Дрейзен [3], Л. Беранек и Г. Уорк [4], А. Лондон [5] и др. При этом рассматривались ограждения неограниченных размеров при нормальном падении звука. Г. Уайт, А. Пауэлл разработали теоретическую модель прохождения звука через двойное ограждение конечных геометрических размеров [6]. Обширные теоретические и экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждающих конструкций проведены В. И. Заборовым [7], И. И. Боголеповым [8]. Значительный вклад в теоретические и экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждающих конструкций внесли ученые НИИСФ РААСН: Г. Л. Осипов, В. А. Аистов, Л. А. Борисов, А. А. Климухин, М. А. Пороженко, В. Н. Сухов [9], [10]. В работах [11], [12] исследовано прохождение звука через различные типы каркасно-обшивных перегородок, в том числе с применением методов компьютерного моделирования. А. А. Кочкин, А. В. Иванова проводят теоретические и экспериментальные исследования звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок с обшивками из слоистых элементов [13].

В Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете (ранее – ГИСИ им. В. П. Чкалова) научной школой М. С. Седова [14] проводятся теоретические и экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждений конечных размеров. Определены основные пути прохождения звука

через двойные ограждения: 1) прохождение через обе обшивки и через воздушный промежуток с рассмотрением их в качестве самостоятельных колебательных структур; 2) прохождение через всю конструктивную систему в целом, звуковые колебания обшивок в которой взаимосвязаны упругостью воздуха в промежутке между обшивками.

А. П. Юферев разработал метод расчета звукоизоляции двойных ограждений с учетом их геометрических размеров, ширины воздушного промежутка между слоями и физико-механических параметров слоев [15]. Д. Л. Щеголев разработал метод расчета звукоизоляции двойных светопрозрачных ограждений с учетом резонансной и инерционной составляющих прохождения звука при его направленном падении [16]. В. В. Дымченко провел исследования звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок с одинарным каркасом, с учетом изменения жесткости стоечных профилей [17].

В данной статье представлен метод расчета звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок конечных геометрических размеров, с каркасом из тонкостенных стальных профилей, с учетом резонансного и инерционного прохождения звука. Метод разработан на базе теории самосогласования волновых полей [14].

Метод расчета включает в себя шесть этапов: определение граничных частот областей резонансного прохождения звука через перегородку, расчет коэффициентов резонансного прохождения звука через перегородку, расчет коэффициентов инерционного прохождения звука через перегородку, расчет звукоизоляции перегородки, расчет индекса изоляции воздушного шума перегородки и его сравнение с нормативными требованиями, оценку рациональности конструктивного решения звукоизолирующего ограждения по сравнению с аналогами.

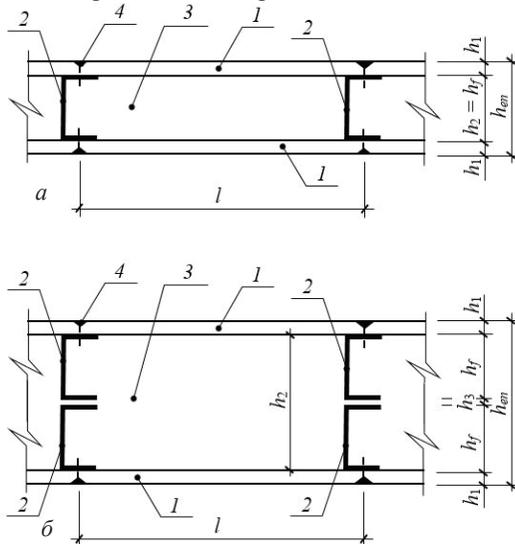


Рис. 1. Схема поперечного сечения каркасно-обшивной перегородки с каркасом из тонкостенных стальных профилей: *a* – с одинарным каркасом; *б* – с двойным каркасом; *l* – листовые обшивки; 2 – вертикальные стоечные профили каркаса из тонкостенных стальных профилей; 3 – воздушный промежуток между листовыми обшивками; 4 – элементы крепления листовых обшивок к профилям каркаса (стальные саморезы); *l* – шаг стоечных профилей каркаса (расстояние между геометрическими центрами поперечных сечений смежных стоечных профилей), м; h_{en} – общая толщина перегородки, м; h_1 – толщина листовых обшивок, м; h_2 – толщина воздушного промежутка между листовыми обшивками, м; h_3 – толщина воздушного зазора между стоечными профилями двойного каркаса; h_f – высота поперечного сечения стоечных профилей каркаса, м

Рассмотрим плоскую прямоугольную каркасно-обшивную перегородку конечных геометрических размеров (длина \times высота = $a \times b$), с шарнирным опиранием по контуру. Перегородка расположена между двумя помещениями: помещением высокого уровня (ПВУ), в котором располагается источник шума и помещением низкого уровня (ПНУ), для которого необходимо обеспечить защиту от шума. Со стороны ПВУ на перегородку действует диффузное звуковое поле. В соответствии с теорией самосогласования волновых полей звукоизоляция ограждающих конструкций определяется с учетом вклада резонансного прохождения звука в режиме собственных колебаний и вклада инерционного прохождения звука в режиме вынужденных колебаний [14]:

$$R = 10 \lg \left(\frac{1}{\tau_r + \tau_i} \right), \quad (1)$$

где τ_r – коэффициент резонансного прохождения звука через перегородку; τ_i – коэффициент инерционного прохождения звука через перегородку.

Коэффициенты резонансного и инерционного прохождения звука для двойных ограждений с воздушным промежутком определяются по формулам [14]:

$$\tau_r = \tau_{sr} + \tau_{1r} \tau_{2r}, \quad (2)$$

где τ_{sr} – коэффициент резонансного прохождения звука через обе обшивки с упругой связью между ними; τ_{1r} – коэффициент резонансного прохождения звука через обшивку со стороны ПВУ; τ_{2r} – коэффициент резонансного прохождения звука через обшивку со стороны ПНУ;

$$\tau_i = \tau_{si} + \tau_{1i} \tau_{2i}, \quad (3)$$

где τ_{si} – коэффициент инерционного прохождения звука через обе обшивки с упругой связью между ними; τ_{1i} – коэффициент инерционного прохождения звука через обшивку со стороны ПВУ; τ_{2i} – коэффициент инерционного прохождения звука через обшивку со стороны ПНУ.

На рис. 2 показаны пути прохождения звука через каркасно-обшивную перегородку с учетом резонансной и инерционной составляющих.



Рис. 2. Схема с указанием путей прохождения звука через каркасно-обшивную перегородку

Расчет проводится в третьоктавных полосах частот. В исследовательских целях принят следующий расчетный диапазон: $f = 50 - 5\,000$ Гц, что шире нормируемого диапазона частот ($f = 100 - 3\,150$ Гц). Метод расчета состоит из шести этапов.

Этап № 1. Определение граничных частот областей резонансного прохождения звука через перегородку

1) Граничная частота области неполных пространственных резонансов (НПР) для каркасно-обшивной перегородки определяется по формуле [14]:

$$f_{bmn0} = \frac{c_0 \sqrt{a^2 + 4b^2}}{4ab} + \Delta f_{bmn0}, \quad (4)$$



где c_0 – скорость звука в воздухе, м/с; a, b – длина и высота ограждения, соответственно, м; Δf_{bmn0} – положительная по знаку поправка до ближайшей большей частоты собственных колебаний листовой обшивки, Гц.

2) Стоечные профили каркаса формируют по длине перегородки отдельные прямоугольные ячейки. Это приводит к появлению дополнительных условий самосогласования волновых полей в пределах данных ячеек. Длина ячейки каркаса принимается равной шагу стоечных профилей каркаса перегородки ($a_1 = l$). Граничная частота области НПР для ячейки каркаса вычисляется по формуле:

$$f_{bmn0(fc)} = \frac{c_0 \sqrt{a_1^2 + 4b^2}}{4a_1 b} + \Delta f_{bmn0}, \quad (5)$$

где c_0 – скорость звука в воздухе, м/с; a_1, b – длина и высота ячейки каркаса, соответственно; Δf_{bmn0} – положительная по знаку поправка до ближайшей большей частоты собственных колебаний листовой обшивки.

3) Граничная частота области полных пространственных резонансов (ППР) для каркасно-обшивной перегородки определяются по формуле [14]:

$$f_{bmn0} = \frac{c_0^2}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{D}}, \quad (6)$$

где c_0 – скорость звука в воздухе, м/с; μ – поверхностная плотность листовой обшивки, кг/м²; D – цилиндрическая жесткость листовой обшивки, Па·м³.

Резонансная частота системы «масса-упругость-масса» («листовая обшивка-воздушный промежуток-листовая обшивка») определяется по известной формуле, которая для случая одинаковых листовых обшивок записывается в следующем виде:

$$f_{msm} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2E_2}{h_2 \mu_1}}, \quad (6.1)$$

где E_2 – динамический модуль упругости материала воздуха, Па; μ_1 – поверхностная плотность листовых обшивок перегородки, кг/м²; h_2 – толщина воздушного промежутка между листовыми обшивками, м.

Этап № 2. Расчет коэффициентов резонансного прохождения звука через перегородку

Расчет проводится в областях резонансного прохождения звука с различными условиями самосогласования волновых полей в ПВУ и ПНУ с волновым полем собственных колебаний перегородки: в области простых пространственных резонансов (ПрПР), неполных пространственных резонансов (НПР), полных пространственных резонансов (ППР).

С учетом того, что каркасно-обшивная перегородка разделена стоечными профилями каркаса на отдельные прямоугольные ячейки, необходимо учитывать условия дополнительного самосогласования волновых полей в ячейках каркаса с размерами $a_1 \times b$. В областях резонансного прохождения звука ПрПР, НПР, ППР формула для расчета коэффициента резонансного прохождения звука через каркасно-обшивную перегородку (2) запишется в следующем виде:

$$\tau_r = \tau_{sr} + \tau_{1r} \tau_{2r(fc)}, \quad (7)$$

где τ_{sr} – коэффициент резонансного прохождения звука через обе обшивки с упругой связью между ними; τ_{1r} – коэффициент резонансного прохождения звука через обшивку со стороны ПВУ; $\tau_{2r(fc)}$ – коэффициент резонансного прохождения звука через обшивку со стороны ПНУ, рассчитанный для ячейки каркаса ($a_1 \times b$).

Для граничной частоты области НПР формула (7) записывается в следующем виде:



$$\tau_r = \tau_{sr} + \tau_{1r} \tau_{2r(f/s)} + \tau_{1r(f/c)} \tau_{2r}, \quad (8)$$

где τ_{sr} – коэффициент резонансного прохождения звука через обе обшивки с упругой связью между ними; τ_{1r} – коэффициент резонансного прохождения звука через обшивку со стороны ПВУ; $\tau_{2r(f/c)}$ – коэффициент резонансного прохождения звука через обшивку со стороны ПНУ, рассчитанный для ячейки каркаса ($a_1 \times b$); $\tau_{1r(f/c)}$ – коэффициент резонансного прохождения звука через обшивку со стороны ПВУ, рассчитанный для ячейки каркаса ($a_1 \times b$); τ_{2r} – коэффициент резонансного прохождения звука через обшивку со стороны ПНУ.

Коэффициент прохождения звука через обе листовые обшивки с упругой связью между ними определяется по формуле [14]:

$$\tau_{sr} = \frac{1}{\frac{\pi^2}{\rho_0^2 c_0^2} \frac{\mu^2 f^2}{A^2} \left(\frac{f^2}{f_{msm}^2} - 1 \right)^2 + 1}, \quad (9)$$

где $\rho_0 c_0$ – характеристический импеданс воздуха; ρ – поверхностная плотность перегородки, кг/м²; f – текущая частота звука, Гц; A – характеристика самосогласования собственного волнового поля обшивок со звуковыми полями в ПВУ и ПНУ; f_{msm} – резонансная частота системы «масса-упругость-масса», Гц.

Коэффициенты резонансного прохождения звука через первую и вторую обшивки перегородки определяются по формулам [14]:

1) в областях ПрПП и НПП ($f_{bn0n0} < f < f_{bmn}$):

$$\tau_{1r} = \frac{1}{\frac{1,15\pi^3}{8\rho_0^2 c_0^2 A^4} \mu_1^2 f^2 \eta_1 \cos^2 \theta_m + 1}, \quad (10)$$

$$\tau_{2r} = \frac{1}{\frac{1,15\pi^3}{8\rho_0^2 c_0^2 A^4} \mu_1^2 f^2 \eta_1 \cos^2 \theta_2 + 1}, \quad (11)$$

где $\rho_0 c_0$ – характеристический импеданс воздуха; A – характеристика самосогласования собственного волнового поля обшивок со звуковыми полями в ПВУ и ПНУ; μ_1 – поверхностная плотность обшивки, кг/м²; f – текущая частота звука, Гц; η_1 – коэффициент потерь материала обшивки; $\theta_m = 51,76^\circ$ – средний угол падения волн диффузного звукового поля на перегородку со стороны ПВУ; θ_2 – угол падения звуковых волн из объема воздушного промежутка на обшивку со стороны ПНУ, градус;

2) в области ППП ($f > f_{bmn}$):

$$\tau_{1r} = \frac{1}{\frac{8\pi}{\rho_0^2 c_0^2} \mu_1^2 \frac{f^3}{f_{bmn}} \eta_1 \cos \theta_m \sqrt{1 - \frac{f_{bmn}}{f}} + 1}, \quad (12)$$

$$\tau_{2r} = \frac{1}{\frac{8\pi}{\rho_0^2 c_0^2} \mu_1^2 \frac{f^3}{f_{bmn}} \eta_1 \cos \theta_2 \sqrt{1 - \frac{f_{bmn}}{f}} + 1}, \quad (13)$$

где $\rho_0 c_0$; μ_1 , η_1 , θ_m ; f – то же, что в формуле (11); f_{bmn} – граничная частота области ППП для листовой обшивки, Гц.

Этап № 3. Расчет коэффициентов инерционного прохождения звука через перегородку

Расчет проводится по формуле (3), при этом коэффициент инерционного про-



хождения звука через обе обшивки с упругой связью между ними определяется по формуле [14]:

$$\tau_{si} = \frac{1}{\frac{\pi^2}{\rho_0^2 c_0^2} \frac{\mu^2 f^2}{F_{li}^2} \left(\frac{f^2}{f_{msm}^2} - 1 \right)^2 + 1}, \quad (14)$$

где $\rho_0 c_0$ – характеристический импеданс воздуха; μ – поверхностная плотность перегородки, кг/м²; f – текущая частота звука, Гц; F_{li} – функция отклика обшивки со стороны ПВУ; f_{msm} – резонансная частота системы «масса-упругость-масса», Гц.

Коэффициенты инерционного прохождения звука через первую и вторую обшивки перегородки определяются по формулам [14]:

$$\tau_{1i} = \frac{1}{\frac{\pi^2}{\rho_0^2 c_0^2} \frac{\mu_1^2 f^2 \cos^2 \theta_m}{F_{1i}^2} + 1}, \quad (15)$$

$$\tau_{2i} = \frac{1}{\frac{\pi^2}{\rho_0^2 c_0^2} \frac{\mu_2^2 f^2 \cos^2 \theta_2}{F_{2i}^2} + 1}$$

где $\rho_0 c_0$ – характеристический импеданс воздуха; μ_1 – поверхностная плотность обшивки, кг/м²; f – текущая частота звука, Гц; $\theta_m = 51,76^\circ$ – средний угол падения волн диффузного звукового поля на перегородку со стороны ПВУ; θ_2 – угол падения звуковых волн из объема воздушного промежутка на обшивку со стороны ПНУ, градус; F_{1i} , F_{2i} – функции отклика обшивок перегородки в режиме инерционных колебаний.

На рис. 3 представлены частотные характеристики коэффициентов прохождения звука через каркасно-обшивную перегородку с двойным каркасом, с облицовками из гипсоволокнистых листов (ГВЛ), рассчитанные по формулам (3), (7)–(15).

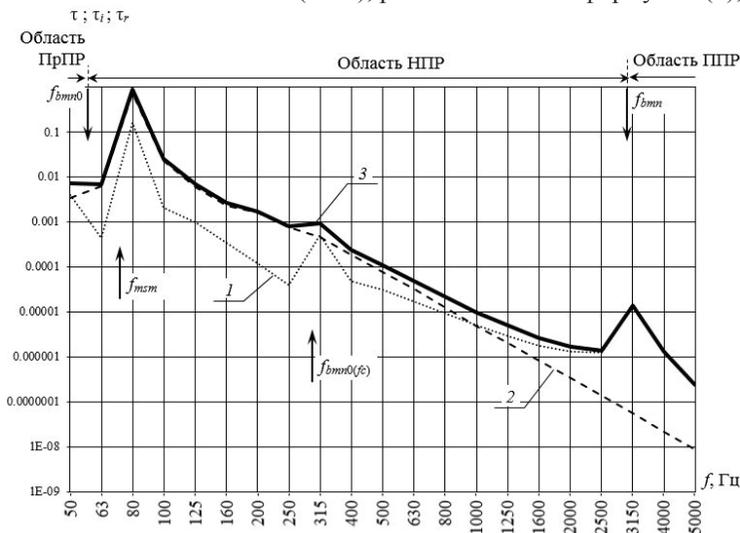


Рис. 3. Теоретические частотные характеристики коэффициентов прохождения звука через каркасно-обшивную перегородку с двойным каркасом ($a \times b = 4,2 \times 2,5$ м; $a_1 = 0,6$ м; $h_2 = 105$ мм; облицовки из ГВЛ, $h_1 = 12,5$ мм; $h_f = 50$ мм; $h_3 = 5$ мм; $h_{en} = 130$ мм): 1 – коэффициент резонансного прохождения звука через перегородку (τ_r); 2 – коэффициент инерционного прохождения звука через перегородку (τ_i); 3 – суммарный коэффициент прохождения звука через перегородку (τ)

Этап № 4. Расчет звукоизоляции перегородки

Расчет проводится по формуле (1). По результатам проведенного расчета строится частотная характеристика звукоизоляции каркасно-обшивной перегородки. На рис. 4 приведено сравнение теоретических и экспериментальных значений звукоизоляции для каркасно-обшивной перегородки с двойным каркасом, с облицовками из ГВЛ.

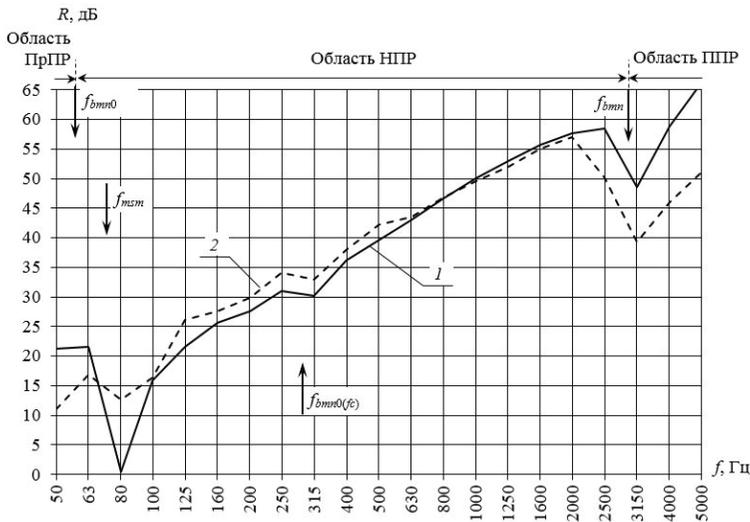


Рис. 4. Частотные характеристики звукоизоляции каркасно-обшивной перегородки с двойным каркасом ($a \times b = 4,2 \times 2,5$ м; $a_1 = 0,6$ м; $h_2 = 105$ мм; облицовки из ГВЛ, $h_1 = 12,5$ мм; $h_f = 50$ мм; $h_3 = 5$ мм; $h_{en} = 130$ мм): 1 – результаты теоретического расчета по разработанному методу; 2 – результаты экспериментальных лабораторных измерений

Экспериментальные измерения проведены в лабораторных условиях, в Больших акустических камерах ННГАСУ ($V_{КВУ} = 259$ м³, $V_{КНУ} = 211$ м³). На частотные характеристики нанесены граничные частоты областей резонансного прохождения звука: для области НПР (f_{bmn0}), для области НПР ячейки каркаса ($f_{bmn0(f_c)}$), для области ППР (f_{bmn}), а также резонансная частота системы «масса-упругость-масса» (f_{msm}), определенные на этапе № 1 расчета.

Этап № 5. Расчет индекса изоляции воздушного шума перегородки и его сравнение с нормативными требованиями

Расчет индекса изоляции воздушного шума (R_w , дБ) и его сравнение с нормативными требованиями проводится в соответствии с требованиями СП 51.13330 «Защита от шума», с учетом изм. № 1.

Этап № 6. Оценка рациональности конструктивного решения звукоизолирующего ограждения по сравнению с аналогами

Оценка проводится по двум критериям рациональности [18]: поверхностная плотность перегородки (μ , кг/м²) и толщина перегородки (h_{en} , м).

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. На базе теории самосогласования волновых полей разработан метод расчета звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок конечных геометрических размеров, с учетом резонансного прохождения звука и инерционного прохождения звука.

2. На примере каркасно-обшивной перегородки с двойным каркасом прове-



дено сравнение результатов теоретического расчета по разработанному методу с результатами лабораторных экспериментальных измерений:

– разработанный метод расчета звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок обеспечивает хорошее соответствие (отклонения в пределах ± 2 дБ) и удовлетворительное соответствие (отклонения в пределах ± 5 дБ) с экспериментальными лабораторными результатами для большинства третьоктавных частот нормируемого диапазона (100–3 150 Гц);

– разработанный метод расчета звукоизоляции не обеспечивает соответствия результатов теоретического расчета звукоизоляции с экспериментальными лабораторными результатами в следующих частотных диапазонах:

– в диапазоне низких частот (50; 80–125 Гц). Данный результат можно объяснить снижением диффузности звукового поля в диапазоне частот ниже граничной частоты диффузности реверберационной камеры высокого уровня ($V_{\text{КВУ}} = 259 \text{ м}^3$; $f_{\text{diff}} = 111 \text{ Гц}$), т. к. теоретический метод расчета основан на предположении о диффузном звуковом поле в помещении с источником шума;

– в диапазонах высоких частот (2 500–5 000 Гц). Данный результат можно объяснить несовершенством метода расчета, который не обеспечивает необходимую точность в области ППП из-за неполных исходных данных по частотной зависимости коэффициента потерь материала листовых обшивок (η_1).

В дальнейшем планируется продолжение исследований звукоизолирующих свойств каркасно-обшивных перегородок с целью повышения точности метода расчета звукоизоляции в диапазонах низких и высоких частот.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wintergerst, E. Theorie der Schalldurchlässigkeit von einfachen und zusammengesetzten Wänden / E. Wintergerst // Die Schalltechnik. – 1931. – № 4, h. 6. – S. 85–91; 1932. – № 5. – S. 1–8.
2. Schoch, A. Die physikalischen und technischen Grundlagen der Schalldämmung im Bauwesen / A. Schoch. – Leipzig, 1937. – 119 s.
3. Дрейзен, И. Г. Курс электроакустики. Часть 1 / И. Г. Дрейзен. – Москва: Связьрадиоиздат, 1938. – 387 с. – Текст : непосредственный.
4. Beranek, L. L. Sound transmission through multiple structures containing flexible blankets / L. L. Beranek, G. A. Work // Journal of Acoustical Society of America. – 1949. – Volume 21, № 4. – P. 419–428.
5. London, A. Transmission of reverberant sound through double walls / A. London // Journal of Research of the National Bureau of Standards. – 1950. – Volume 44. – P. 77–88.
6. White, H. Transmission of random sound and vibration through rectangular double wall / H. White, A. Powell // Journal of Acoustic Society of America. – 1966. – Volume 40, № 4. – P. 821–832.
7. Заборов, В. И. Исследование звукоизоляции двойных ограждений без связи по контуру / В. И. Заборов, Л. Н. Клячко. – Текст : непосредственный // Акустический журнал. – 1963. – Том 9, выпуск. 4. – С. 486–488.
8. Боголепов, И. И. Промышленная звукоизоляция: Теория, исследования, проектирование, изготовление, контроль / И. И. Боголепов. – Ленинград: Судостроение, 1986. – 368 с. – Текст : непосредственный.
9. Осипов, Г. Л. Шумы и звукоизоляция / Г. Л. Осипов. – Москва: Стройиздат, 1967. – 104 с. – Текст : непосредственный.
10. Звукоизоляция и звукопоглощение: учебное пособие / под редакцией Г. Л. Осипова, В. Н. Бобылева. – Москва: АСТ : Астрель, 2004. – 450 с. – ISBN 5-17-026286-8. – Текст : непосредственный.
11. Sound transmission through lightweight double-leaf partitions: theoretical modelling /



J. Wang, T. J. Lu, J. Woodhouse, R. S. Langley, J. Evans // Journal of Sound and Vibration. – 2005. – № 286. – P. 817–847.

12. Wyngaert, J.C.E. Predicting the sound insulation of finite double-leaf walls with a flexible frame / J. C. E. Wyngaert, M. Schevenels, P. B. Reynders Edwin // Applied Acoustics. – 2018. – № 141. – P. 93–105.

13. Кочкин, А. А. Снижение шума в помещениях при эксплуатации и реконструкции зданий / А. А. Кочкин, А. В. Иванова. – Текст : непосредственный // Вестник Вологодского государственного университета. Серия «Технические науки». – 2021. – № 2. – С. 67–69.

14. Седов, М. С. Звукоизоляция / М. С. Седов. – Текст : непосредственный // Техническая акустика транспортных машин : справочник / Л. Г. Балишанская [и др.]; под редакцией Н. И. Иванова. – Санкт-Петербург, 1992. – Гл. 4. – С. 68–105.

15. Юферев, А. П. Влияние резонанса двустенной конструкции на ее звукоизоляцию / А. П. Юферев. – Текст : непосредственный // Звукоизоляция зданий : межвузовский сборник научных трудов / Горьковский инженерно-строительный институт. – Горький, 1989. – С. 8–18.

16. Щеголев, Д. Л. Способ расчета двустенных светопрозрачных конструкций / Д. Л. Щеголев. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2010. – С. 91–94.

17. Experimental study of sound insulation in multilayer enclosing structures / V. N. Bobylyov, V. A. Tishkov, D. V. Monich, V. V. Dymchenko, P. A. Grebnev // Noise Control Engineering Journal. – 2014. – Volume 62, № 5. – P. 354–359.

18. Монич, Д. В. Звукоизоляция многослойных легких ограждающих конструкций зданий / Д. В. Монич. – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: материалы VII международной научно-практической конференции Института архитектуры, строительства и транспорта. – Тамбов, 2020. – С. 232–239.

MONICH Dmitry Viktorovich, candidate of technical science, professor of the chair of architecture

CALCULATION METHOD OF SOUND INSULATION OF FRAME-SHEATHING PARTITIONS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-46;
e-mail: dmitriy.monich@mail.ru

Key words: sound insulation, resonant sound transmission, inertial sound transmission, self-coincidence of wave fields, frame-sheathing partition.

The article presents a theoretical method for calculating sound insulation of frame-sheathing partitions of finite geometric dimensions, developed on the basis of the theory of self-coincidence of wave fields. The method is intended for use in the design of enclosing structures between rooms of civil and industrial buildings. On the example of a frame-sheathing partition with a double frame, the results of theoretical calculations and experimental measurements in laboratory conditions are compared.

REFERENCES

1. Wintergerst E. Theorie der Schalldurchlässigkeit von einfachen und zusammengesetzten Wänden // Die Schalltechnik, № 4. H. 6, 1931. – S. 85–91; № 5, 1932. S. 1–8.
2. Schoch A. Die physikalischen und technischen Grundlagen der Schalldämmung im Bauwesen. Leipzig, 1937. – 119 s.
3. Dreisen I. G. Kurs elektroakustiki. Chast 1 [Course of electroacoustics. Part 1]. Moscow:



Svyazradioizdat, 1938. – 387 p.

4. Beranek L. L., Work G. A. Sound transmission through multiple structures containing flexible blankets // *Journal of Acoustic Society of America*. Vol. 21, №4, 1949. – P. 419–428.

5. London A. Transmission of reverberant sound through double walls // *Journal of Research of the National Bureau of Standards*. Vol. 44, 1950. – P. 77–88.

6. White H., Powell A. Transmission of random sound and vibration through rectangular double wall // *Journal of Acoustic Society of America*. Vol. 40, № 4, 1966. – P. 821–832.

7. Zaborov V. I., Klyachko L. N. Issledovanie zvukoizolyatsii dvoynykh ograzhdeniy bez svyazi po konturu [Study of sound insulation of double fences without connection along the contour] // *Akusticheskiy zhurnal* [Acoustic journal]. Vol. 9. Vyp. 4, 1963. – P. 486–488.

8. Bogolepov I. I. Promyshlennaya zvukoizolyatsiya: Teoriya, issledovaniya, proektirovanie, izgotovlenie, kontrol [Industrial soundproofing: Theory, research, design, manufacture, control]. Leningrad: Sudostroenie, 1986. – 368 p.

9. Osipov G. L. Shумы i zvukoizolyatsiya [Noise and sound insulation]. Moscow: Stroyizdat, 1967. – 104 p.

10. Osipov G. L., Boblyov V. N., Borisov L. A., et al. Zvukoizolyatsiya i zvukopogloschenie [Sound insulation and sound absorption]: uchebnoe posobie. Pod red. G. L. Osipova, V. N. Boblyova. Moscow: AST, Astrel, 2004. – 450 p. – ISBN 5-17-026286-8.

11. Wang J., Lu T. J., Woodhouse J., Langley R. S., Evans J. Sound transmission through lightweight double-leaf partitions: theoretical modelling // *Journal of Sound and Vibration*. – 2005. – № 286. – P. 817–847.

12. Wyngaert J. C. E., Schevenels M., Reynders Edwin P. B. Predicting the sound insulation of finite double-leaf walls with a flexible frame // *Applied Acoustics*. – 2018. – № 141. – P. 93–105.

13. Kochkin A. A., Ivanova A. V. Snizhenie shuma v pomescheniyakh pri ekspluatatsii i rekonstruktsii zdaniy [Noise control in rooms during the operation and reconstruction of buildings] // *Vestnik Vologodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of the Vologda State University. Series: Engineering]. 2021. № 2. – P. 67–69.

14. Sedov M. S. Zvukoizolyatsiya [Sound insulation]. Tekhnicheskaya akustika transportnykh mashin [Noise and vibration control in vehicles]: spravochnik, pod red. N. I. Ivanova. Saint Petersburg, 1992. Ch. 4. P. 68–105.

15. Yuferev A. P. Vliyaniye rezonansa dvustennoy konstruksii na eyo zvukoizolyatsiyu [The influence of the resonance of a double-walled structure on its sound insulation]. *Mezhvuzovskii sb. nauch. trudov «Zvukoizolyatsiya zdaniy»* [Sound insulation of buildings: interuniversity collection of scientific works] / Gorkov. inzhener.-stroit. in-t. : Gorky, 1989. – P. 8–18.

16. Schyogolev D. L. Sposob raschyota dvustennykh svetoprozrachnykh konstruksiy [Method for calculating double-walled translucent structures] // *Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk* [Bulletin of the Volzhsky regional branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. Nizhny Novgorod – 2010. – P. 91–94.

17. Boblyov V. N., Tishkov V. A., Monich D. V., Dymchenko V. V., Grebnev P. A. Experimental study of sound insulation in multilayer enclosing structures // *Noise Control Engineering Journal*. – 2014. – Vol. 62, № 5. – P. 354–359.

18. Monich D. V. Zvukoizolyatsiya mnogosloynnykh lyogkikh ograzhdayuschikh konstruksiy zdaniy [Sound insulation of multilayer lightweight building enclosures]. *Ustoychivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitelstvo, transport* [Sustainable development of the region: architecture, construction, transport]. Materialy VII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Instituta arkhitektury, stroitelstva i transporta. – Tambov, 2020. – P. 232–239.

© Д. В. Монич, 2021

Получено: 18.09.2021 г.



УДК 693.2

С. Ю. ЛИХАЧЕВА, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики; **М. Л. ПОЗДЕЕВ**, студент; **И. В. СМАГИН**, студент

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРОЧНОСТИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПРИ ДВУОСНОМ СЖАТИИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96;
эл. почта: maksim.leon.pz@yandex.ru, ivsmag@vk.com, lihsvetlana@yandex.ru

Ключевые слова: каменная кладка, двuosное сжатие, плоское напряженное состояние, критерий прочности, фигура прочности, ортотропный материал.

Описаны феноменологические критерии прочности каменных кладок как ортотропных композитов. Проведено сравнение применимости первого и второго критериев прочности для описания экспериментальных данных двух опытов на двuosное сжатие образцов каменных кладок, для этого написан алгоритм на языке Python. Дается качественная оценка применимости каждого из двух критериев.

Несущими элементами зданий из каменных конструкций являются стены, состояние которых можно моделировать как плоское напряженное. К таким элементам можно отнести несущие стены зданий стеновой конструктивной системы, заполнение ячеек зданий каркасной конструктивной системы, перегородки и стены на упругих основаниях или перекрытиях.

С развитием методов конечно-элементного моделирования (МКЭ) в проектировании стал все чаще использоваться расчет зданий и сооружений в пространственной постановке, который позволяет учесть перераспределение усилий в конструкциях за счет их взаимного влияния друг на друга. Расчет моделей в программах МКЭ позволяет получить усилия в КЭ, подверженных сложному напряженному состоянию. Для анализа полученных напряжений и оценки прочности элементов стен требуется использование критериев прочности, учитывающих влияние многоосного напряженного состояния на несущую способность конструкции.

При строительстве классических кирпичных зданий и сооружений применялись низкомарочные компоненты кладки, из-за чего несущие элементы зданий обладали большой деформативностью. С появлением современных высокомарочных материалов каменные кладки стали более хрупкими и чувствительными к неравномерным осадкам основания. С ростом этажности зданий увеличился уровень напряжений, действующий в несущих каменных конструкциях.

В работе проводится сравнение существующих феноменологических критериев прочности применительно к каменной кладке разных видов при двuosном сжатии и выявление границ их применимости.

Важно отметить, что кирпичная кладка как однонаправленный композитный материал проявляет ортотропию физико-механических свойств параллельно и перпендикулярно растворной постели кладки, что позволяет применить для нее существующие критерии прочности композитных материалов.

Для определения физических свойств композитов можно применить два подхода, один из которых можно назвать структурным, а другой – феноменологическим. При феноменологическом подходе неоднородный композит рассматривается как однородная среда, математическая модель которой строится на основе экс-

периментально полученных данных без объяснения механизмов, определяющих поведение композита [1].

Среди феноменологических критериев можно выделить эмпирический и теоретический подходы. Один из эмпирических критериев был предложен А. У. Пейджем (A. W. Page) на основе результатов проведенных им опытов [2]. Были испытаны образцы кирпичной кладки из полнотелого кирпича на известково-цементном растворе (рис. 1а). Усилия прикладывались под разными углами Θ относительно горизонтальных растворных швов кладки.

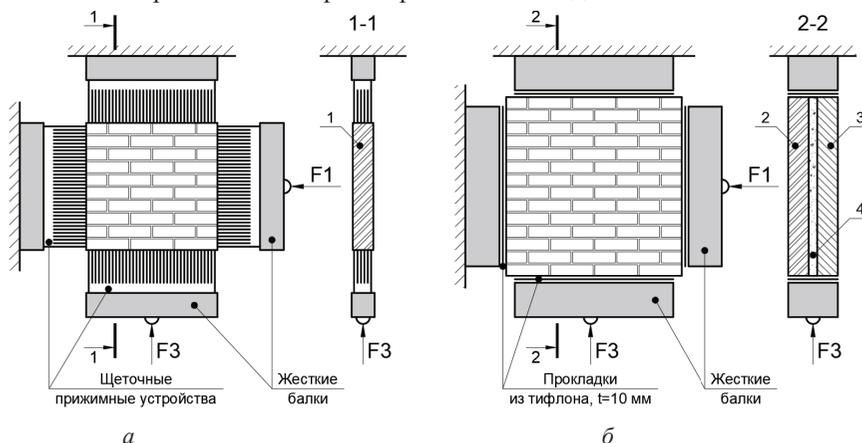


Рис. 1. Схематическое изображение испытательных установок и испытываемых образцов кладки: а – опыты А. У. Пейджа; б – опыты ТУ им. Шарифа; 1, 2 – полнотелый кирпич, 3 – пустотелый кирпич, 4 – растворный слой толщиной 50 мм

Кривые, аппроксимирующие экспериментальные точки, представлены на рис. 2а. На их основании автором была предложена аппроксимирующая зависимость в обозначениях источника [3]:

$$A\sigma_n^2 + B\sigma_p^2 + C\tau^2 + D\sigma_n\sigma_p + E\sigma_n + F\sigma_p + 1 = 0, \quad (1)$$

где σ_n – нормальные напряжения перпендикулярно горизонтальным швам; σ_p – нормальные напряжения вдоль горизонтальных швов; τ – касательные напряжения по горизонтальным растворным швам кладки; A, B, C, D, E, F – параметры материала, зависящие от его прочностных свойств, определяемых по ряду экспериментов.

Напряжения σ_n, σ_p, τ определяются в зависимости от угла наклона Θ главных напряжений σ_1 и σ_2 к горизонтальным растворным швам (рис. 2б).

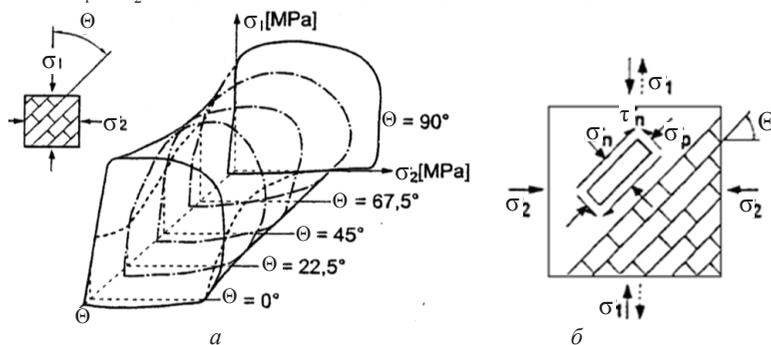


Рис. 2. Фигуры прочности образцов кладки Пейджа

Другим примером эмпирического критерия является критерий Хилла для композитных материалов, геометрически представляющий собой повернутый эллипс с центром в начале координат. Данный критерий принят в опытах группы исследователей Технологического Университета им. Шарифа [4] (ТУ им. Шарифа) при описании фигуры прочности в области двусосного сжатия для кирпичной панели (рис. 1б). Экспериментальные точки в осях главных напряжений представлены на рис. 3. Критерий прочности Хилла описывается уравнением в обозначениях источника [4]:

$$A\sigma_x^2 + B\sigma_x\sigma_y + C\sigma_y^2 + D\tau_{xy}^2 - 1 = 0, \quad (2)$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – то же, что и σ_p, σ_n, τ в (1) соответственно; A, B, C, D – параметры материала, зависящие от его прочностных свойств, определяемых по ряду экспериментов (рис. 4).

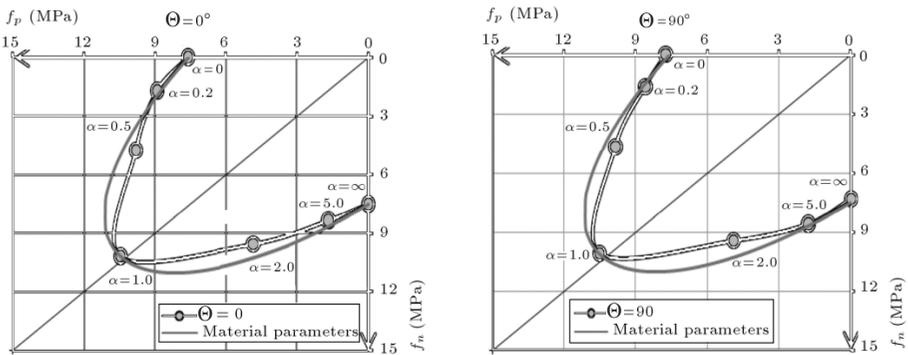


Рис. 3. Экспериментальные данные и аппроксимирующая зависимость критерия прочности Хилла

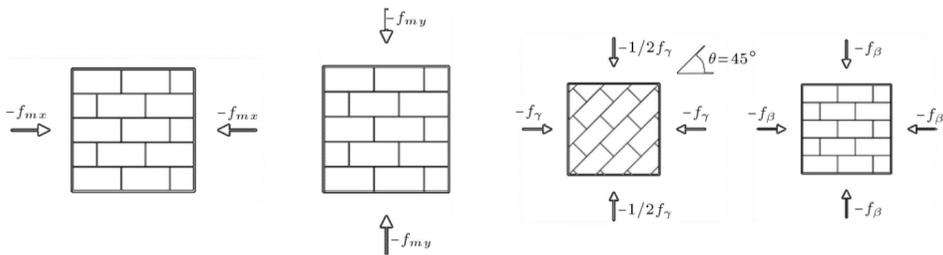


Рис. 4. Опыты для получения прочностных свойств кладки и вычисления параметров уравнения по критерию Хилла

Недостатком приведенных эмпирических критериев прочности является то, что они не универсальны и описывают прочностные свойства только испытываемых образцов с определенным видом кирпича и раствора. Результаты таких зависимостей сложно экстраполировать для кладок с другими физико-механическими характеристиками. Анализ прочности при таком подходе требует проведения сложных испытаний в условиях двусосного сжатия. Поэтому на практике предпочтение отдается теоретическим критериям прочности, которые основаны на законах механики сплошной среды, в рамках которой композитный материал кладки заменяется гомогенным с ортотропными свойствами в двух направлениях.

Отечественным теоретическим критерием прочности каменной кладки при плоском напряженном состоянии является критерий Г. А. Гениева [5]. В области двусосного сжатия им предложено использовать первый критерий прочности – кри-



терий максимальных напряжений, сформулированный Рэнкином для изотропных материалов, который был модифицирован Дженкинсом для описания прочности ортотропных материалов [1].

Г. А. Гениевым в качестве главных напряжений приняты σ_1 и σ_3 . Для ортотропного материала кладки граничные прямые первого критерия прочности формулируются в виде двух уравнений:

$$\sigma_1 = R_p \cos^2 \theta + R_n \sin^2 \theta ; \quad (3)$$

$$\sigma_3 = R_p \sin^2 \theta + R_n \cos^2 \theta , \quad (4)$$

где θ – угол между главным напряжением и горизонтальными растворными швами; R_n и R_p – временные сопротивления кладки одноосному сжатию перпендикулярно и параллельно горизонтальным швам соответственно.

Данный критерий прочности не учитывает упрочнение кладки при двусосном сжатии, вызванное ограничением поперечных деформаций (эффект обоймы). Стоит отметить, что для опытов Пейджа данная гипотеза применима с достаточной точностью (табл. 2). Для современных материалов каменных кладок и панелей наблюдается упрочнение в области двусосного сжатия, что видно по результатам опытов ТУ им. Шарифа – прочность при двусосном сжатии оказалась на 36 % выше прочности одноосного сжатия [4].

Рассмотрим применимость второго критерия прочности (критерий максимальных деформаций или критерий Сен-Венана) для описания прочности современных кладок и панелей в области двусосного сжатия. Второй критерий используется для описания хрупких композитных материалов – современные кладочные материалы можно отнести к этой категории. Граничные прямые второго критерия прочности в осях главных напряжений формулируются в виде уравнений:

$$\sigma_1(\cos^2 \theta - \nu_{13} \sin^2 \theta) + \sigma_3(\sin^2 \theta - \nu_{13} \cos^2 \theta) = R_p ; \quad (5)$$

$$\sigma_1(\sin^2 \theta - \nu_{31} \cos^2 \theta) + \sigma_3(\cos^2 \theta - \nu_{31} \sin^2 \theta) = R_n , \quad (6)$$

где ν_{13} и ν_{31} – коэффициенты Пуассона в осях ортотропии.

Для количественной оценки применимости первого и второго критериев прочности, для описания свойств кладок по результатам опытов А. У. Пейджа [2] и Т У им. Шарифа [4] авторами создана программа на языке программирования *Python*, которая вычисляет суммарные отклонения оцифрованных i -х опытных точек от графиков аппроксимирующих функций, заданных уравнениями первого (3), (4) и второго (5), (6) критериев прочности соответственно.

Каждый критерий описывается двумя уравнениями. От каждой i -й опытной точки вычисляется отклонение $r_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n r_i$ (наименьшее расстояние от точки до прямой) до обеих прямых и берется наименьшее из значений.

$$r_i = \min (r_1, r_2) , \quad (7)$$

где для первого критерия:

$$r_1 = |x_1 - x_3|; r_2 = |y_2 - y_3|, \quad (8)$$

где x_3, y_3 – координаты экспериментальной точки по σ_1 и σ_3 соответственно; x_1 и y_2 – значения по уравнениям (3) и (4) соответственно;

для второго критерия:

$$r_j = (x_3 - x_j)^2 + (y_3 - y_j)^2, j = 1, 2 , \quad (9)$$

где x_3, y_3 – координаты экспериментальной точки по осям σ_1 и σ_3 соответственно; $x_j = x_3 - x, y_j = f(x_j)$ – координаты точки на j -й прямой;

Значение x находится из дифференциального уравнения:

$$\frac{d(r_j(x))}{dx} = 0 . \quad (10)$$



Для построения графиков функций по первому и второму критериям требовалось задаться временными сопротивлениями на одноосное сжатие перпендикулярно R_n и параллельно R_p горизонтальным раствором швам соответственно:

1. Опыты А. У. Пейджа: $R_n = 10$ МПа; $R_p = 8,5$ МПа [5];
2. Опыты ТУ им. Шарифа: $R_n = 7,6$ МПа; $R_p = 7,5$ МПа [4].

Коэффициент Пуассона для второго критерия: $\nu_{13} = \nu_{31} = 0,25$ [7].

Подробные характеристики испытываемых образцов кладки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица характеристик экспериментальных образцов кладки по результатам опытов А. У. Пейджа и опытов ТУ им. Шарифа

Наименование параметра	Опыты Пейджа	Опыты ТУ им. Шарифа
Описание опытных образцов	Квадратные панели из полнотелого кирпича шириной в три кирпича, толщиной в полкирпича	Квадратные панели шириной в четыре кирпича (из трех слоев): полнотелый кирпич, раствор, пустотелый кирпич
Нормативный документ, страна	AS1640, Австралия	Группа стандартов ASTM для каменных кладок, США
Средняя прочность раствора на сжатие, МПа	5,55	12,46
Средняя прочность кирпича на сжатие, МПа	15,41	34,0 – полнотелый кирпич 32,6 – пустотелый кирпич
Средняя прочность слоев кладки на сжатие, МПа	–	6,4 – полнотелый кирпич 4,0 – пустотелый кирпич
Среднее сопротивление срезу, МПа	0,3	0,451
Коэффициент трения	–	0,65
Средняя прочность панели на одноосное сжатие, МПа	9,85	7,1 (перпендикулярно горизонтальным швам)

Фигуры прочности при двусосном сжатии, а также точки опытных данных представлены на рис. 5–6.

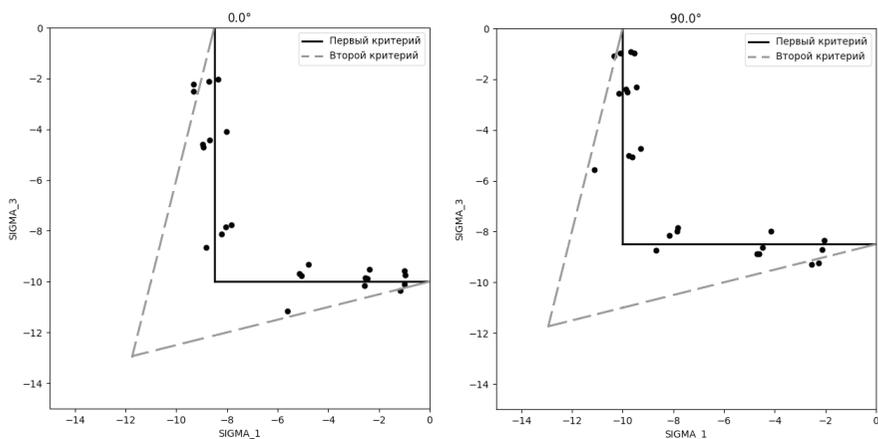


Рис. 5. Графики аппроксимирующих функций первого и второго критериев прочности для опытных данных А. У. Пейджа

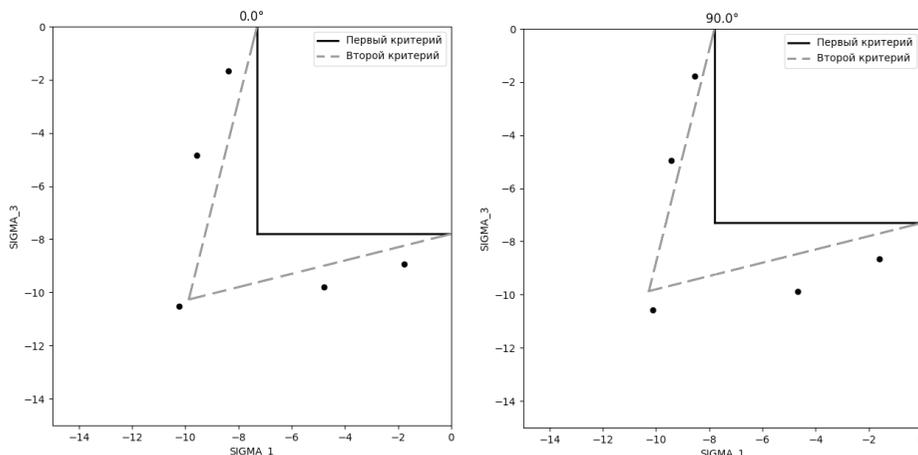


Рис. 6. Графики аппроксимирующих функций первого и второго критериев прочности для опытных данных ТУ им. Шарифа

Результаты расчета суммарных отклонений r_{Σ} для двух критериев по результатам обработки опытных данных представлены в табл. 2.

Таблица 2

Суммарные отклонения r_{Σ} , МПа экспериментальных точек от аппроксимирующих функций по первому и второму критериям

Наименование опытов	Опыты А. У. Пейджа ²		Опыты ТУ им. Шарифа	
	0	90	0	90
Первый критерий	9,63	9,61	8,9	9,1
Второй критерий	23,39	24,03	3,31	3,16
Относительная разница ³	59%	60%	63%	65%

Примечания:

1. В таблице выделены минимальные значения r_{Σ} для каждой серии опытов.
2. При оцифровке опытов А. У. Пейджа опытные точки, соответствующие разрушению сдвига, не учитывались.
3. Относительная разница определена как отношение абсолютной разницы к максимально суммарному отклонению для данного опыта.

В результате анализа графиков (рис. 5–6), значений суммарных отклонений (табл. 2) и характеристик испытываемых образцов (табл. 1) можно сделать следующие выводы:

1. Наилучшим образом прочность классических каменных кладок описывается первым критерием прочности. Учитывая, что временное сопротивление кирпича и раствора в опытах ТУ им. Шарифа значительно выше, можно отметить разный характер разрушения образцов: в опытах Пейджа при двусном сжатии наблюдалось псевдопластичное расщепление кладки по срединной поверхности образца, в то время как в опытах ТУ им. Шарифа – хрупкое отслоение кладки от срединного растворного слоя. Можно говорить о сдерживающем поперечные деформации эффекте (эффекте обоймы), который присутствует в кирпичных стенах зданий из современных материалов.



2. В опытах ТУ им. Шарифа отмечается изотропия свойств кирпичной панели при углах 0 и 90 градусов, что также может быть обусловлено дополнительным распределением напряжений за счет растворного слоя вертикальных швов каменной кладки.

3. Вторая классическая теория прочности хорошо аппроксимирует опытные данные ТУ им. Шарифа и может быть применена для современных кладочных конструкций. Она может быть использована при инженерном проектировании, т. к. требуется нормирование только двух временных сопротивлений кладки одноосному сжатию вдоль и поперек растворных швов.

4. Для углов Θ отличных от 0 и 90 градусов в дополнение к первой и второй теориям прочности по предельным критериям требуется разработка составного критерия прочности с учетом среза кладки, в том числе в областях неравномерного двусосного сжатия [6].

5. Разработанная программа будет использована при дальнейших исследованиях экспериментальных данных в областях сдвига кладки при двусосном сжатии и действии главных растягивающих напряжений.

В заключение стоит отметить, что в настоящее время в отечественных нормах [7] отсутствует нормирование расчетного сопротивления кладки сжатию вдоль растворных швов, что осложняет применимость даже таких простых критериев прочности, не требующих проведения сложных испытаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ву, Э. М. Феноменологические критерии разрушения анизотропных сред / Э. М. Ву. – Текст : непосредственный // Механика композиционных материалов. – Москва, 1985. – С. 401–491.
2. Page, A.W. The biaxial compressive strength of brick masonry / A. W. Page // Proceedings of the institution of civil engineers: urban design and planning. Part 2. – 1981. – Volume 71. – P. 893–906.
3. Деркач, В. Н. Эмпирические критерии прочности каменной кладки в условиях сложного напряженного состояния / В. Н. Деркач, Р. Б. Орлович. – Текст : непосредственный // Строительство и реконструкция. – 2010. – № 6. – С. 8–12.
4. Badarloo, B. Failure Criteria of Unreinforced Grouted Brick Masonry Based on a Biaxial Compression Test / B. Badarloo, A. A. Tasnimi, M. S. Mohammadi // Civil Engineering. – 2009. – Volume 16, № 6. – P. 502–511.
5. Гениев, Г. А. Вопросы прочности и пластичности анизотропных материалов / Г. А. Гениев, А. С. Курбатов, Ф. А. Самедов – Москва : Интербук, 1993. – 187 с. ил. – ISBN 5-7664-0991-5. – Текст : непосредственный.
6. Поздеев, М. Л. Критерий прочности каменной кладки при плоском напряженном состоянии / М. Л. Поздеев // XXVI Нижегородская сессия молодых ученых (технические, естественные науки) : материалы конференции. – Нижний Новгород, 2021. – С. 154–158.
7. СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция: свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 902/пр : актуализированная редакция СНиП II-22-81*. : дата введения 1 июля 2021 г. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 07.05.2021). – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.



LIKHACHYOVA Svetlana Yurevna, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; POZDEEV Maksim Leonidovich, student; SMAGIN Ilya Vasilevich, student

COMPARATIVE ANALYSIS OF PHENOMENOLOGICAL CRITERIA OF STONE MASONRY STRENGTH AT BIAXIAL COMPRESSION

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: maksim.leon.pz@yandex.ru, ivsmag@vk.com, lihsvetlana@yandex.ru

Key words: masonry, biaxial compression, flat stress state, strength criterion, strength figure, orthotropic material.

The article describes the phenomenological criteria for the strength of masonry as orthotropic composites. A comparison is made of the applicability of the first and second strength criteria for describing the experimental data of two experiments on biaxial compression of masonry samples, for which an algorithm is written in Python. A qualitative assessment of the applicability of each of the two criteria is given.

REFERENCES

1. Vu E. M. Fenomenologicheskie kriterii razrusheniya anizotropnykh sred [Phenomenological criteria for the destruction of anisotropic media] // Mekhanika kompozitsionnykh materialov [Mechanics of composite materials]. – Moscow, 1985. P. 401–491.
2. Page A. W. The biaxial compressive strength of brick masonry. Proc. Inst. Civ. Eng., Part 2, 1981, 71, Sept. – P. 893–906.
3. Derkach V. N., Orlovich R. B. Empiricheskie kriterii prochnosti kamennoy kladki v usloviyakh slozhnogo napryazhonnogo sostoyaniya [Empirical criteria for the strength of masonry under complex stress conditions] / Stroitelstvo i rekonstruktsiya [Building and reconstruction]. – 2010. – № 6. – P. 8–12.
4. Badarloo B., Tasnimi A. A., Mohammadi M. S. Failure Criteria of Unreinforced Grouted Brick Masonry Based on a Biaxial Compression Test / Civil Engineering. – 2009. – T. 16, № 6. – P. 502–511.
5. Geniev G. A., Kurbatov A. S., Samedov F. A. Voprosy prochnosti i plastichnosti anizotropnykh materialov [Problems of strength and plasticity of anisotropic materials]. – Moscow: Interbuk, 1993. – 187 p. il. – ISBN 5-7664-0991-5.
6. Pozdeev M. L. Kriteriy prochnosti kamennoy kladki pri ploskom napryazhennom sostoyanii [The criterion for the strength of masonry in a flat stress state] // XXVI Nizhegorodskaya sessiya molodykh uchyonykh (tekhnicheskie, estestvennye nauki). Materialy konferentsii. Nizhny Novgorod, 2021. – P. 154–158.
7. SP 15.13330.2020. Kamennye i armokamennye konstruksii [Stone and reinforced stone structures]. Aktualizirovannaya redaktsiya: svod pravil: izdanie ofitsialnoe: utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Min-va stroit. i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 30 dekabrya 2020 g. № 902/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-22-81* : data vvedeniya 1 iyulya 2021 g. – URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya: 07.05.2021). – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).

© С. Ю. Лихачева, М. Л. Поздеев, И. В. Смагин, 2021

Получено: 04.10.2021 г.



УДК 699.841 (571.53)

П. А. ХАЗОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики; **Л. Ю. ЦВЕТНОВА**, ст. преп. кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии; **А. М. ГОРДЕЕВЦЕВА**, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики; **Д. В. САХАРОВА**, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАРКАСНОГО ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ В Г. ИРКУТСКЕ ПРИ ВЕТРОВЫХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

ФГБОУ 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, tyagunovaly@yandex.ru, nasyta98@mail.ru

Ключевые слова: каркасное здание, сейсмостойкость, сейсмические колебания, собственная частота, сейсмическая нагрузка, максимальное расчетное землетрясение, расчет пульсационной составляющей.

Приводится анализ сейсмостойкости проектируемого здания при наступлении максимального расчетного землетрясения. Основной особенностью при этом является возможность несоблюдения ряда классических требований нормативных документов. Показано, что несмотря на некоторые достаточно серьезные повреждения несущих конструкций, сейсмостойкость здания обеспечивается, а также проанализирован расчет пульсационной составляющей здания на основе нахождения форм собственных колебаний.

Динамические нагрузки на здания и сооружения могут быть вызваны как внутренними (погрузчики, мостовые краны, виброактивное оборудование, движущиеся механизмы), так и внешними (транспорт с интенсивным движением, строительные площадки, природные воздействия) факторами [1]. Динамические нагрузки характеризуются изменяющимися во времени по величине и направлению воздействиями на здания и сооружения. Частая смена направления, величины и/или места приложения нагрузок вызывают колебания сооружения, которые необходимо учитывать при его расчете. В статье рассмотрены наиболее опасные для высотных зданий внешние природные воздействия: сейсмические и ветровые.

Сейсмология – это важная наука, изучающая распространение сейсмических волн в недрах земной коры, а также причины их возникновения. Колебания могут быть вызваны искусственными взрывами или естественными причинами – тектоническими процессами или извержениями вулканов. За последние 100 лет ученые достигли огромных высот в области изучения сейсмологии за счет получения постоянно улучшающихся данных. Результаты современной сейсмологии используются в инженерном деле для проектирования сейсмостойких сооружений.

Понятие сейсмостойкости используется в таких научных направлениях, как строительная механика, механика деформируемого тела, волновая механика и др. Изучение этих отраслей необходимо для обеспечения требуемой надежности строительных конструкций и фундаментов здания. Развитие высотного строительства, в том числе и в сейсмически опасных регионах, делает исследования в данной области весьма актуальными [2–7].

Сейсмические воздействия относятся к особым нагрузкам и учитываются в особых сочетаниях. Классически ученые выделяют 2 типа землетрясений, которые должны учитываться при проектировании зданий и сооружений, предназна-



ченных для строительства в сейсмически опасных регионах: проектное землетрясение (ПЗ, период повторяемости – 1 раз в 100 лет) и максимальное расчетное землетрясение (МРЗ, период повторяемости – 1 раз в 1000 лет).

При воздействии ветровой нагрузки на здание или сооружение возникают силы инерции, которые влияют на напряженно деформированное состояние сооружения. В соответствии с действующими нормами, ветровая нагрузка состоит из двух составляющих: статической и динамической (пульсационной). Наиболее активное влияние этот тип нагрузки оказывает на гибкие и высокие сооружения. Кроме того, некоторые здания требуют расчета на резонанс, который может возникнуть при определенных скоростях ветра, когда собственная частота колебаний здания совпадает с колебаниями, вызванными внешним воздействием.

В работе приводится исследование высотного здания высотой 76 м (рис. 1, 2 цв. вклейки), проектируемого в г. Иркутске, на максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) и на влияние пульсации ветра. В качестве несущих элементов здания используется монолитный железобетонный каркас колонн, соединенных с монолитным железобетонным ядром жесткости, а также с монолитным железобетонным перекрытием. Несущие конструкции опираются на монолитную фундаментную плиту.

Сейсмические воздействия

Расчет на ПЗ ведется по картам ОСР-А, В [8], при этом расчетная модель здания, а также принимаемые предельные состояния не отличаются от используемых при основных сочетаниях нагрузок.

При расчете на МРЗ модель высотного здания может допускать серьезные повреждение второстепенных конструкций, могут не выполняться проверки по второй группе предельных состояний, если данные отклонения не угрожают жизни и здоровью людей. Также могут не учитываться предельные состояния первой группы, если это не приведет к непосредственному обрушению здания во время землетрясения: допускаются серьезные трещины, пластические шарниры, разрушения выключающихся связей, пластические деформации несущих элементов. При этом конструкции, которые могут быть подвержены описанным воздействиям, должны проходить обязательную проверку расчетом.

Для анализа сейсмостойкости был выполнен расчет конечно-элементной модели здания (рис. 2 цв. вклейки) на собственные и сейсмические колебания. Несущие конструкции были замоделированы в ПК *SCAD*. Данная механическая система имеет большое число степеней свободы, при этом преобладающими будут являться изгибные колебания, соответствующие первой и второй формам. Динамические характеристики здания определены согласно методике, изложенной в [9], по упрощенной схеме. Сейсмическая нагрузка должна определяться спектральным методом согласно [8]. Динамические характеристики, формы собственных колебаний, а также сейсмические нагрузки приведены в табл. 1.

Анализ напряженно-деформированного состояния при сейсмических воздействиях показал, что прочность наземных несущих конструкций (колонн, плит перекрытий, ядра жесткости) обеспечивается.

Максимальные горизонтальные перемещения здания (рис. 3 цв. вклейки) по первой форме собственных колебаний составляют около 0,2 м, что не противоречит требованиям при расчете на МРЗ.

Одной из наиболее сложных с точки зрения инженерного анализа является ветровая нагрузка, поскольку именно ветровая нагрузка определяет характер колебаний. Согласно своду правил [10], значение ветровой нагрузки определяется

**К СТАТЬЕ П. А. ХАЗОВА, Л. Ю. ЦВЕТНОВОЙ,
А. М. ГОРДЕЕВЦЕВОЙ, Д. В. САХАРОВОЙ «ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
КАРКАСНОГО ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ В Г. ИРКУТСКЕ ПРИ ВЕТРОВЫХ
И СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ»**



Рис. 1. Проектируемое высотное здание

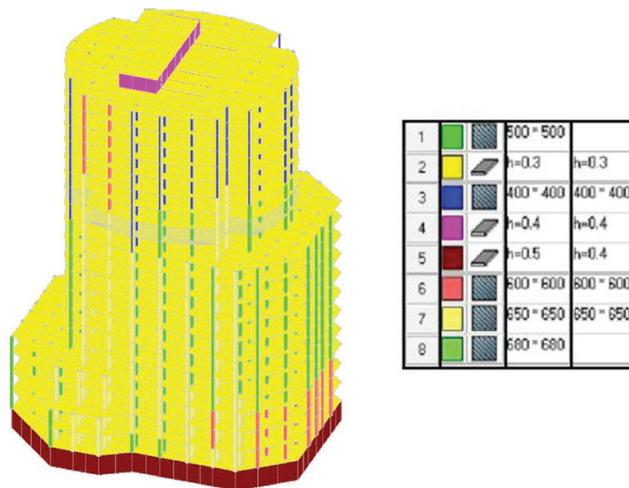
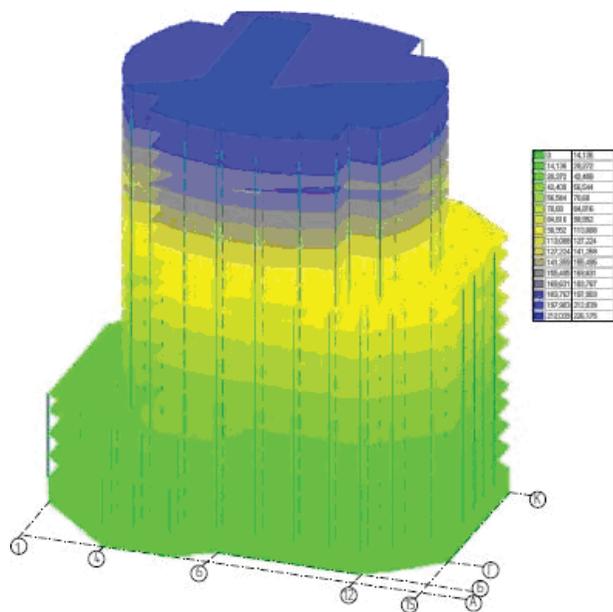
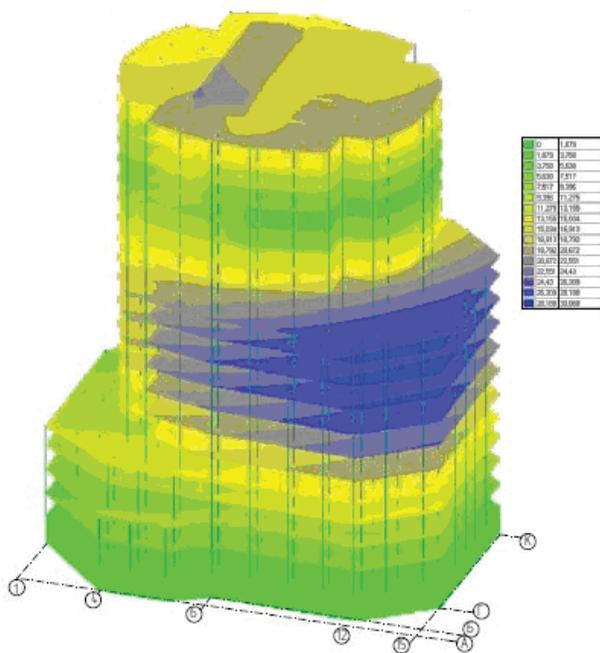


Рис. 2. Расчетная модель проектируемого высотного здания

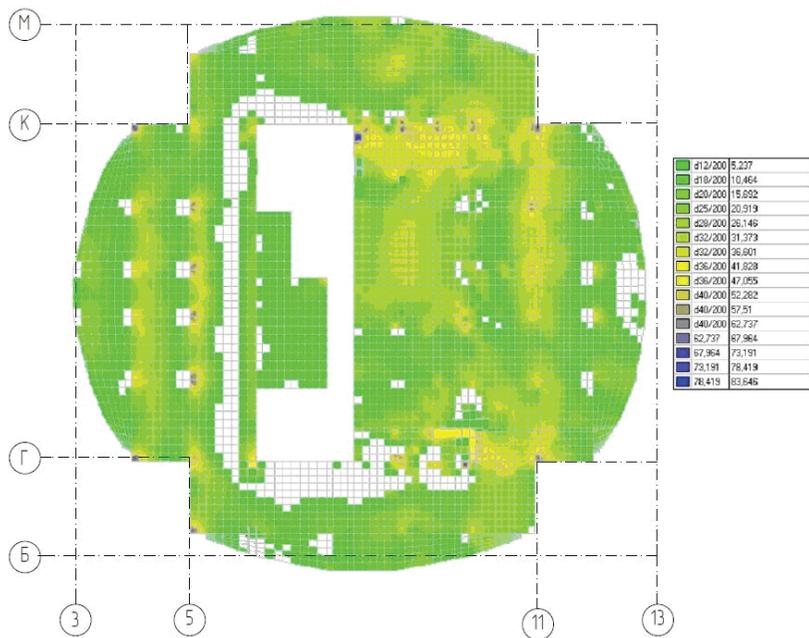


a

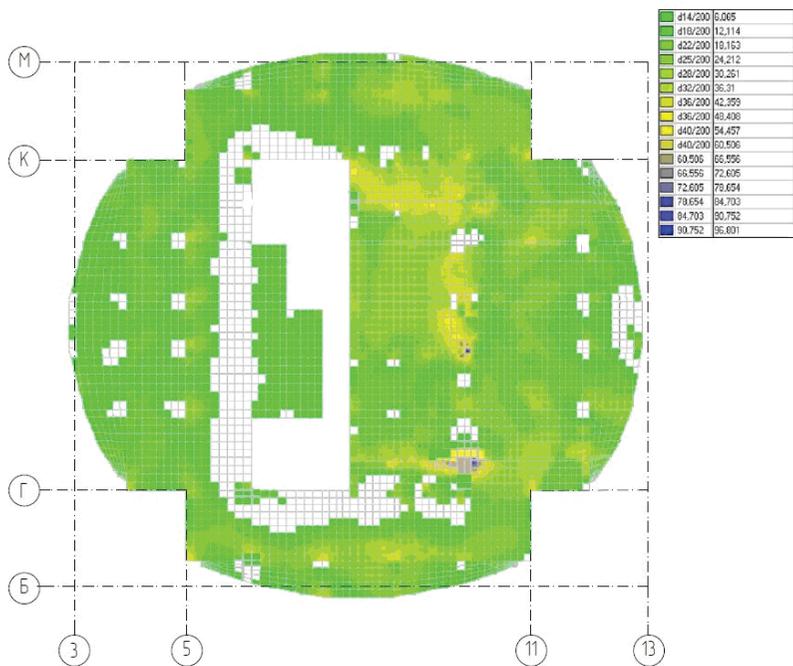


b

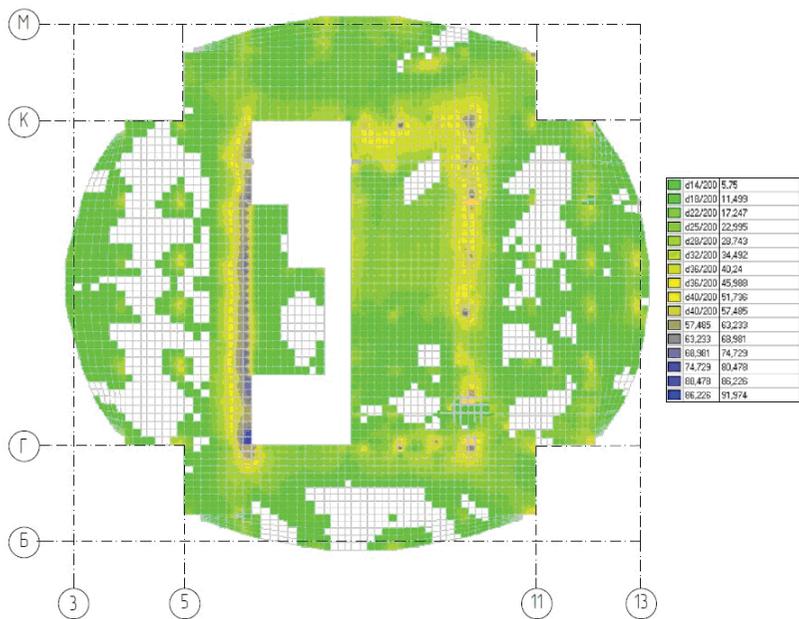
Рис. 3. Горизонтальные перемещения здания (мм) от сейсмических воздействий, схема деформаций во время землетрясения: *a* – первая форма собственных колебаний; *b* – вторая форма собственных колебаний



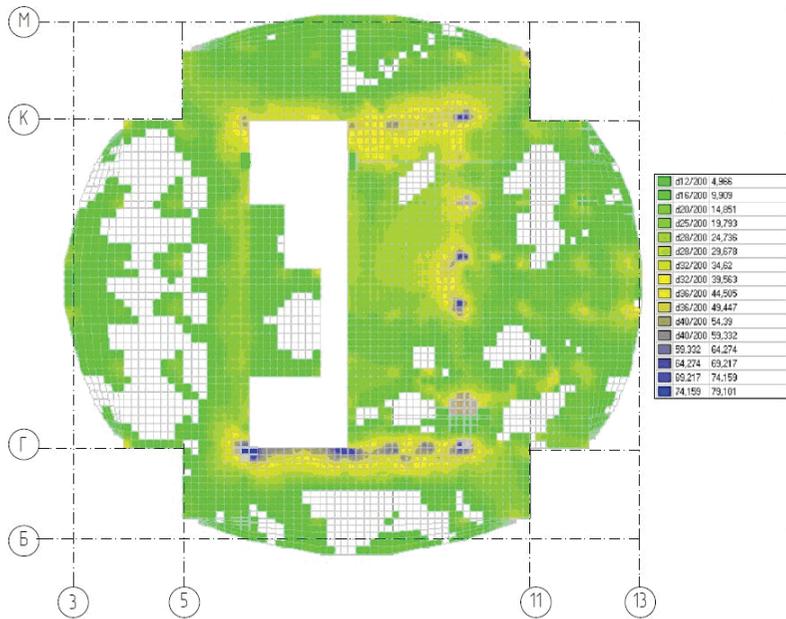
a



б



6



2

Рис. 4. Изополя армирования фундаментной плиты: а – нижнее по оси Ox ; б – нижнее по оси Oy ; в – верхнее по оси Ox ; г – верхнее по оси Oy

как сумма статической и пульсационной составляющих (методика определения составляющих ветровой нагрузки описана в [11]). Однако вследствие уникальных геометрических характеристик исследуемого здания в нормативной документации нет точной методики определения пульсационной составляющей ветровой нагрузки, которую необходимо учитывать при проектировании.

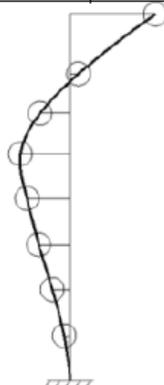
Таблица 1

Форма собственных колебаний 1

Форма собственных колебаний 1				
ω_1 , рад/с	f_1 , с ⁻¹	T_1 , с	S_{i1} , Кн (в направлении X)	S_{i1} , Кн (в направлении Y)
3,6586 (по X) 5,35 (по Y)	0,5826 (по X) 0,851 (по Y)	1,7165 (по X) 1,175 (по Y)		
$\varphi_{11} = 1$			$S_{11} = 31160,54$	$S_{11} = 24264,15$
$\varphi_{21} = 0,9317$			$S_{21} = 21530,27$	$S_{21} = 16765,23$
$\varphi_{31} = 0,7956$			$S_{31} = 18385,19$	$S_{31} = 14316,21$
$\varphi_{41} = 0,6288$			$S_{41} = 21796,02$	$S_{41} = 16972,16$
$\varphi_{51} = 0,4346$			$S_{51} = 22951,17$	$S_{51} = 17871,66$
$\varphi_{61} = 0,2774$			$S_{61} = 7511,86$	$S_{61} = 5849,346$
$\varphi_{71} = 0,1624$			$S_{71} = 4397,712$	$S_{71} = 3424,419$
$\varphi_{81} = 0,030$			$S_{81} = 2518,64$	$S_{81} = 1961,219$

Таблица 2

Форма собственных колебаний 2

ω_1 , рад/с	f_1 , с ⁻¹	T_1 , с	S_{i1} , Кн
23,602 (по X) 34,485 (по Y)	3,752 (по X) 5,491 (по Y)	0,266(по X) 0,182 (по Y)	
$\varphi_{11} = 1$			$S_{11} = 40159,71$
$\varphi_{21} = 0,6863$			$S_{21} = 20439,63$
$\varphi_{31} = 0,0815$			$S_{31} = 2427,261$
$\varphi_{41} = -0,5589$			$S_{41} = -24968$
$\varphi_{51} = -1,0175$			$S_{51} = -69252,4$
$\varphi_{61} = -1,0413$			$S_{61} = -36341,4$
$\varphi_{71} = -0,8078$			$S_{71} = 28192,28$
$\varphi_{81} = -0,2127$			$S_{81} = -23014,3$

Примечание: динамические характеристики здания: ω_k, f_k, T_k – круговая частота, техническая частота и период собственных колебаний соответственно при k -й форме; φ_{ik}, S_{ik} – коэффициент отклонения и сейсмическая нагрузка для i -й массы при k -й форме собственных колебаний. Поскольку период собственных колебаний

второй формы относительно осей X , Y лежит в диапазоне $(0,1-0,4)$ с, расчетные значения нагрузок в направлении X и Y совпадают.

Ветровые воздействия

Значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки в соответствии с [2] п.11.1.8 определяется следующим образом:

$$w_g = w_m \cdot \xi(z_e) \cdot v,$$

где:

w_m – средняя составляющая ветровой нагрузки, определяемая в соответствии с п. 11.1.3 [12];

$\xi(z_e)$ – коэффициент пульсации давления ветра, определяемый по формуле 11.6 [22] при значениях эквивалентной высоты z_e $10 \leq z_e \leq 300$ м;

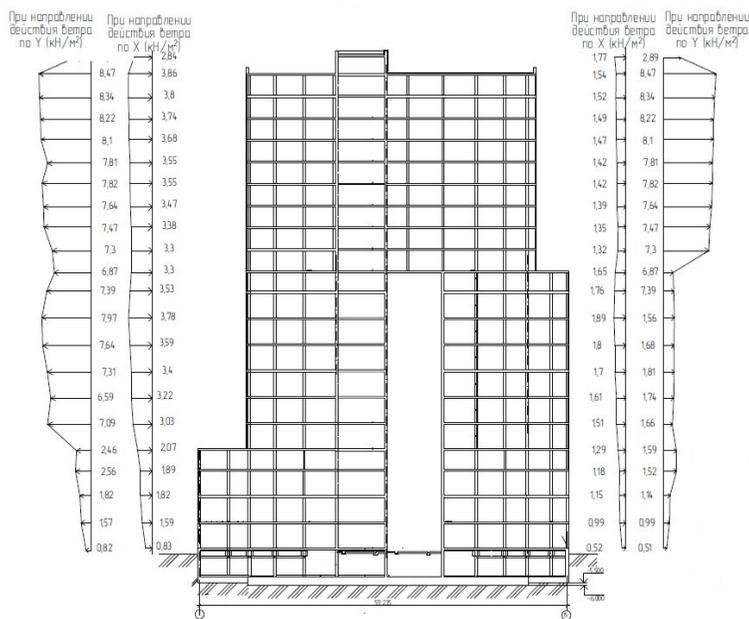
$\xi(z_e) = \xi_{10} \cdot \left(\frac{z_e}{10}\right)^{-\alpha}$, где значения ξ_{10} и α принимаются по табл. 11.3 [11];

v – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра.

Нормативное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки w_p на эквивалентной высоте z_e следует определять по формуле в зависимости от отношения первой и второй частоты собственных колебаний здания f_1 и f_2 соответственно и предельного значения собственной частоты здания $f_{lim} = 0,127, f_1 = 0,583, f_2 = 23,602$.

Так как $f_1 > f_{lim}$, то необходимо производить динамический расчет с учетом первых форм собственных колебаний.

Согласно расчету, коэффициент пульсации изменяется в диапазоне $(0,64-0,77)$, следовательно, пульсационная составляющая ветровой нагрузки не превышает статическую на всем спектре частот собственных колебаний здания.



Результаты расчета ветровой нагрузки



Выводы:

Общий анализ сейсмостойкости проектируемого здания и ветрового воздействия на него показал, что:

1. Надежность несущих конструкций здания по первому и второму предельным состояниям при ПЗ обеспечена.
2. Надежность наземных несущих конструкций здания по первому предельному состоянию при МРЗ обеспечена.
3. Наиболее опасна при максимальном расчетном землетрясении вторая форма собственных колебаний.
4. Максимальные горизонтальные перемещения здания превышают максимально допустимые, но не приводят к разрушениям основных несущих конструкций, что не противоречит требованиям при МРЗ.
5. Надежность несущих конструкций здания при воздействии ветровой нагрузки обеспечена.

Таким образом, общая безопасность людей, находящихся в здании, как при ветровом воздействии, так и в случае ПЗ и МРЗ обеспечена, и здание может быть допущено к эксплуатации после получения разрешения от проектных и научно-исследовательских организаций, специализирующихся на сейсмостойком строительстве и имеющих соответствующие полномочия. Вопрос о возможности эксплуатации здания после наступления МРЗ остается открытым, данное заключение может быть принято лишь на основании натурной экспертизы аварийного объекта.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 413.1325800.2018. Здания и сооружения, подверженные динамическим воздействиям : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 07 ноября 2018 г. № 707/пр : дата введения 08 мая (дата обращения: 14.01.2021). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.
2. Теория и практика расчетов строительных сооружений на сейсмостойкость по акселерограммам / Ю. П. Назаров, Ю. Н. Жук, Е. В. Позняк, Ю. В. Панасенко, В. В. Курнавин. – Текст : непосредственный // Тезисы докладов XI Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (с международным участием). – Москва, 2015. – С. 131–132.
3. Павленко, О. В. Моделирование акселерограмм землетрясения 13.11.1993 г. (MW=7.0, H=54 км) на сейсмостанциях «Петропавловск», «Институт вулканологии» и «Никольская» (г. Петропавловск-Камчатский) / О. В. Павленко. – Текст : непосредственный // Вестник Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр». Серия «Науки о Земле». – Петропавловск-Камчатский, 2015. – Том 28, № 4. – С. 231–242.
4. Позняк, Е. В. Об оценке влияния сейсмических ротаций на динамику строительных конструкций / Е. В. Позняк. – Текст : непосредственный // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2017. – № 9 (246). – С. 14–23.
5. Хазов, П. А. Резонансный анализ каркасного здания при сейсмических воздействиях различных частотных диапазонов / П. А. Хазов, А. А. Генералова, А. Е. Воробьева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 4. – С. 56–64.
6. Анализ собственных изгибно-крутильных колебаний многоэтажных зданий эксплу-



атации / Е. А. Никитина, П. А. Хазов, А. В. Крыцовкина, А. А. Генералова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 3. – С. 10–16.

7. Воронина, Е. В. Особенности сейсмоструктурных напряжений и деформаций перед сильными землетрясениями / Е. В. Воронина. – Текст : непосредственный // Процессы в геосредах. – Москва, 2016. – № 5. – С. 5–11.

8. СП 14.13330.2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 мая 2018 г. № 309/пр : актуализированная редакция СНиП II-7-81* : дата введения 25 ноября 2018 г. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 14.01.2021). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

9. Сравнение динамических расчетных моделей при определении частот и форм собственных колебаний большепролетной стальной фермы покрытия здания велодрома / П. А. Хазов, Н. И. Молодушная, Б. Б. Лампси, Ю. Д. Щелокова, А. М. Анущенко. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 2. – С. 16–25.

10. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 03 декабря 2016 г. № 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 04 июня 2017 г. : [редакция от 30 декабря 2020 г.]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 14.01.2021). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

11. Panovko, Ya. G. Ustoychivost' i kolebaniya uprugikh system. Sovremennyye kontseptsii, paradoksy i oshibki. [Stability and oscillations of elastic systems. Modern concepts, paradoxes and errors] / Ya. G. Panovko, I. I. Gubanova. – Moscow : Nauka, 1987. – 352 p.

12. Meroney, R. N. Wind flow patterns about buildings / Robert N. Meroney // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 21-38. – 2021. – ID: 10.1016/0167-6105(85)90031-5.

KHAZOV Pavel Alekseevich¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; TSVETNOVA Lidiya Yurevna¹, senior teacher of the chair of foundations and engineering geology; GORDEEV TSEVA Anastasiya Maksimovna¹, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics; SAKHAROVA Darya Vladimirovna, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics

DYNAMIC ANALYSIS OF A FRAME HIGH-RISE BUILDING IN IRKUTSK UNDER WIND AND SEISMIC IMPACTS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96, +7 (951) 919-0-919;
e-mail: khazov.nngasu@mail.ru, tyagunovaly@yandex.ru, nasyta98@mail.ru
Key words: frame building, earthquake resistance, seismic vibrations, natural frequency, seismic load, maximum calculated earthquake, calculation of the pulsation component.

The article provides an analysis of the earthquake resistance of the designed building at the onset of the maximum calculated earthquake. The main feature in this case is the fact that a number of classical requirements of regulatory documents may not be observed. It is shown that despite some rather serious damage to the load-bearing structures, the earthquake resistance of the building is ensured; the calculation of the pulsation component of the building is also analyzed on the basis of finding the forms of natural vibrations.



REFERENCES

1. SP 413.1325800.2018 Zdaniya i sooruzheniya, podverzhennye dinamicheskim vozdeystviyam [The buildings and structures under dynamic actions] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 07 noyabrya 2018 goda № 707/pr : data vved. 08 maya (data obrascheniya: 14.01.2021). – Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).
2. Nazarov Yu. P., Zhuk Yu. N., Poznyak E. V., Panasenko Yu. V., Kurnavin V. V. Teoriya i praktika raschyotov stroitelstva sooruzheniy na seymstoykost po akselerogramm [The theory and practice of calculating building structures for earthquake resistance according to accelerograms] // Tezisy dokladov XI Rossiyskoy natsionalnoy konferentsii po seymstoykomu stroitelstvu i seymicheskomu rayonirovaniyu (s mezhdunarodnym uchastiem) [Abstracts of the XI Russian National Conference on Earthquake Engineering and Seismic Zoning (with international participation)]. – Moscow – 2015. P. 131–132.
3. Pavlenko O. V. Modelirovanie akselerogramm zemletryaseniya 13.11.1993 g. (MW = 7.0, H = 54 km) na seymostantsiyakh «Petropavlovsk», «Institut vulkanologii» i «Nikolskaya» (g. Petropavlovks-Kamchatskiy) [Accelerogram modeling of the earthquake of November 13, 1993 (MW = 7.0, H = 54 km) at the seismic stations Petropavlovsk, Institute of Volcanology and Nikolskaya (Petropavlovks-Kamchatskiy)]. Herald of KRAUNZ. Earth sciences. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2015. Vol. 28, № 4. – P. 231 – 242.
4. Poznyak E. V. Ob otsenke vliyaniya seymicheskikh rotatsiy na dinamicheskie stroitelnye konstruksii [On the assessment of the effect of seismic rotations on the dynamics of building structures]. Spravochnik. Inzhenerny zhurnal s prilozheniem [Directory. Engineering Journal with app.] 2017. № 9 (246). P. 14–23.
5. Khazov P. A., Generalova A. A., Vorobyova A. E. Rezonansny analiz karkasnogo zdaniya pri seymicheskikh vozdeystviyakh razlichnykh chastotnykh diapazonov [Resonance analysis of a frame building under seismic influence of various frequency range]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2019. № 4. P. 56–64.
6. Nikitina E. A., Khazov P. A., Krytsovkina A. V., Generalova A. A. Analiz sobstvennykh izgibno-krutilnykh kolebaniy mnogoetazhnykh zdaniy [Analysis of own bending-torsion oscillations of multi-floor buildings]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 3. P. 9–14.
7. Voronina E. V. Osobennosti seymotektonicheskikh napryazheniy i deformatsiy pered silnymi zemletryasenyami [Features of seismotectonic stresses and deformations before strong earthquakes]. Protssy v geosredakh [Processes in geological environment]. Moscow, 2016. № 5. P. 5–11.
8. SP 14.13330.2018 Stroitelstvo v seymicheskikh rayonakh [Construction in seismic areas] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 24 maya 2018 g. № 309/pr : aktualizirivannaya redaktsiya SNIIP II-7-81* : data vved. 25 noyabrya 2018 g. – URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya: 14.01.2021). – Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).
9. Khazov P. A., Molodushnaya N. I., Lampsi B. B., Schyolokova Yu. D., Anuschenko A. M. Sravnenie dinamicheskikh raschyotnykh modeley pri opredelenii chastot i form sobstvennykh kolebaniy bolsheprolyotnoy stalnoy fermy pokrytiya zdaniya velodroma [Comparison of dynamic computational models in determining frequencies and forms of natural vibrations of the large-span steel truss of the velodrome building roofing]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2019. № 2. P. 16–25.
10. SP 20.13330.2016 Nagruzki i vozdeystviya [Loads and effects] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 03 dekabrya 2016 g. № 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.1.07-85* : data vved. 04 iyunya 2017 g. : [redaktsiya ot 30 dekabrya 2020 g.]. – URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya: 14.01.2021). – Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo.



VersiyaProf (NNGASU).

11. Panovko Ya. G., Gubanova I. I. Ustoychivost i kolebaniya uprugikh system. Sovremennye kontseptsii, paradoksy i oshibki [Stability and oscillations of elastic systems. Modern concepts, paradoxes and errors]. Moscow: Nauka, 1987, 352 p.

12. Meroney R. N. Wind flow patterns about buildings / Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 21-38 – 2021 – ID: 10.1016/0167-6105(85)90031-5.

© П. А. Хазов, Л. Ю. Цветнова, А. М. Гордеевцева, Д. В. Сахарова, 2021

Получено: 06.09.2021 г.

УДК 624.042.41

П. А. ХАЗОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики; М. Л. ПОЗДЕЕВ, студент

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ С ВЕТРОГЕНЕРАТОРАМИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96;
эл. почта: khazov.nngasu@mail.ru, maksim.leon.pz@yandex.ru

Ключевые слова: оптимизация зданий, энергоэффективные здания, ветрогенераторы, аэродинамика зданий, CFD-анализ, численная аэродинамика.

Рассмотрены современные тенденции в проектировании энергоэффективных высотных зданий с ветрогенераторами. Методами вычислительной гидрогазодинамики (CFD) проведены параметрические исследования оптимальной формы здания для максимизации скорости воздушного потока, проходящего через ветрогенераторы при различных направлениях ветра.

Введение

Исторически жилые и общественные здания всегда считались потребителями энергетических ресурсов города, однако с развитием возобновляемых источников энергии появились технологии, позволяющие интегрировать установки в здания. В перспективе это позволит не только обеспечить нужды зданий в энергии, но и отдавать ее излишки во внешнюю сеть. Одной из перспективных технологий в этой области можно считать использование энергии ветра для выработки электричества.

Можно выделить три способа интеграции в городское пространство систем, преобразующих энергию ветра в электричество [1]:

- 1) размещение автономных ветряных турбин в городе;
- 2) интеграция ветряных турбин на существующие здания;
- 3) полная интеграция ветровых турбин в архитектуру здания.

Наибольший интерес представляют здания третьей категории, форма которых обусловлена требованием интегрирования в них ветряных турбин и соответствующим изменением ветровых потоков. Поскольку скорость ветра на городских территориях несколько ниже, чем на открытых пространствах, применение специально спроектированных аэродинамических форм зданий должно увеличить скорость

набегающего ветра в местах расположения турбин для максимизации вырабатываемой ими мощности.

Цель исследования: определение оптимального решения внешней оболочки проектируемого высотного здания (рис. 1) для максимизации скорости ветра в каналах с ветрогенераторами.

Для этого требовалось решить ряд задач:

- 1) изучение зданий-аналогов и выделение эффективных решений для разработки концептуального решения;
- 2) анализ геометрических параметров концептуальной модели и определение их оптимальных значений по результатам *CFD*-анализа.

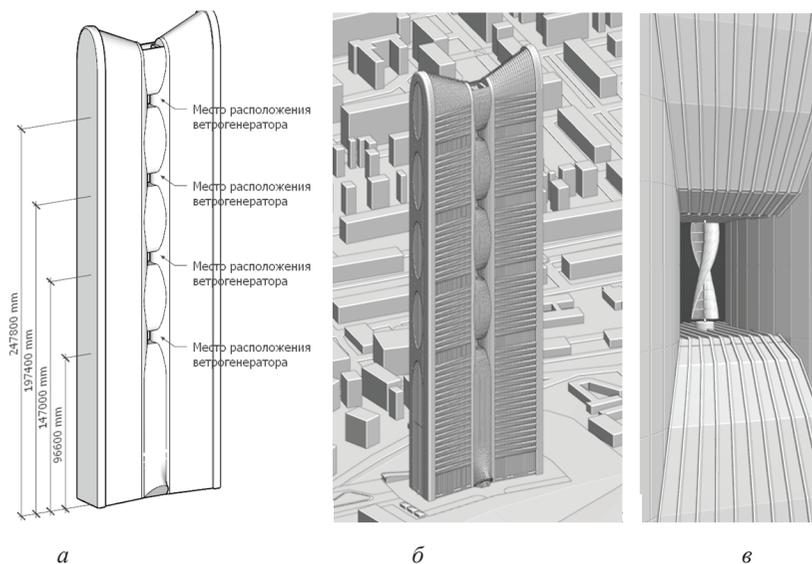


Рис. 1. Проектируемое здание: *a* – концептуальная объемная модель; *б* – итоговая объемная модель здания в городской застройке; *в* – расположение ветрогенератора

Высотное здание проектируется в городе Новороссийске. Район строительства благоприятен с точки зрения использования ветрогенераторов, поскольку расположен в VI ветровом районе [2]. Согласно данным метеостанции г. Новороссийска, полученным из Технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям [3], среднемесячное число дней с сильным ветром >10 м/с в осенне-зимний период составляет 20–30 %, в отдельные месяцы может возрастать до 70 %, летом – 8–14 %.

Ниже рассмотрены два наиболее ярких представителя зданий-аналогов третьей категории [4].

Обзор аналогов. Бахрейнский всемирный торговый центр

Бахрейнский всемирный торговый центр (БВТЦ) – это 240-метровый комплекс двойных башен, расположенных в Манаме, Бахрейне. Построен в 2008 году (рис. 2). В конструкции этих башен присутствуют воздушные мосты с расположенными на них ветрогенераторами (рис. 2б).

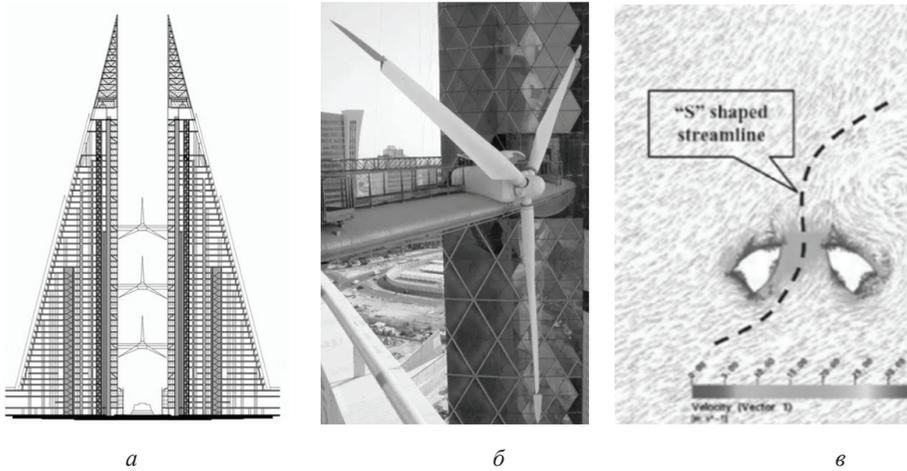


Рис. 2. Здание БВТЦ: *а* – разрез; *б* – ветрогенератор на воздушных мостах; *в* – *S*-образная форма потока между башнями по результатам *CFD*-анализа

Эллиптическая форма плана здания, имеющая парусообразный аэродинамический профиль, направляет ветровой поток с берега между двумя башнями, снижая отрицательное давление позади них и увеличивая скорость ветра между ними. Уменьшение сечения плана этажа по вертикали также обусловлено аэродинамическими характеристиками башен. Их сужение кверху при увеличивающейся скорости ветра по высоте позволяет обеспечить одинаковый скоростной режим ветрового потока для всех трех турбин, расположенных на разной высоте от земли [5].

Эксперименты в аэродинамической трубе подтвердили, что такая форма башен изменяет форму ветрового потока, образуя *S*-образную кривую (рис. 2*в*), благодаря чему в центре между башнями поток ветра остается перпендикулярным к плоскости лопастей турбины в пределах азимута ветра до 45° . Это повышает мощность турбин, уменьшая в то же время усталостные нагрузки на лопасти, вызванные перекосом лопастей. Также исследования показали, что воронкообразное расположение башен увеличивает скорость ветра на уровне турбины до 30 % [5].

Обзор аналогов. Башня Перл-Ривер

Здание представляет собой небоскреб, расположенный в деловом центре китайского города Гуанчжоу. Построен в 2013 году. Благодаря ветрогенераторам и солнечным панелям башня практически полностью обеспечивает себя электроэнергией. Здание высотой 309 м имеет 71 наземный и 5 подземных этажей (рис. 3).

К СТАТЬЕ П. А. ХАЗОВА, М. Л. ПОЗДЕЕВА
«ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ
С ВЕТРОГЕНЕРАТОРАМИ»

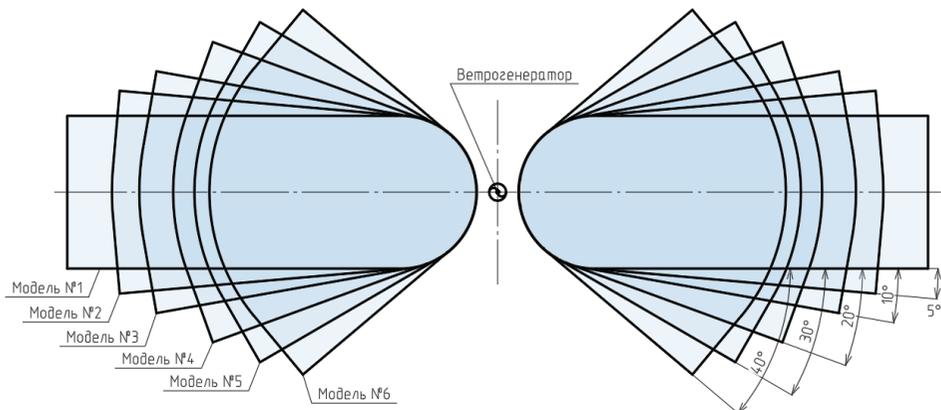


Рис. 1. Исследуемые модели типовых этажей

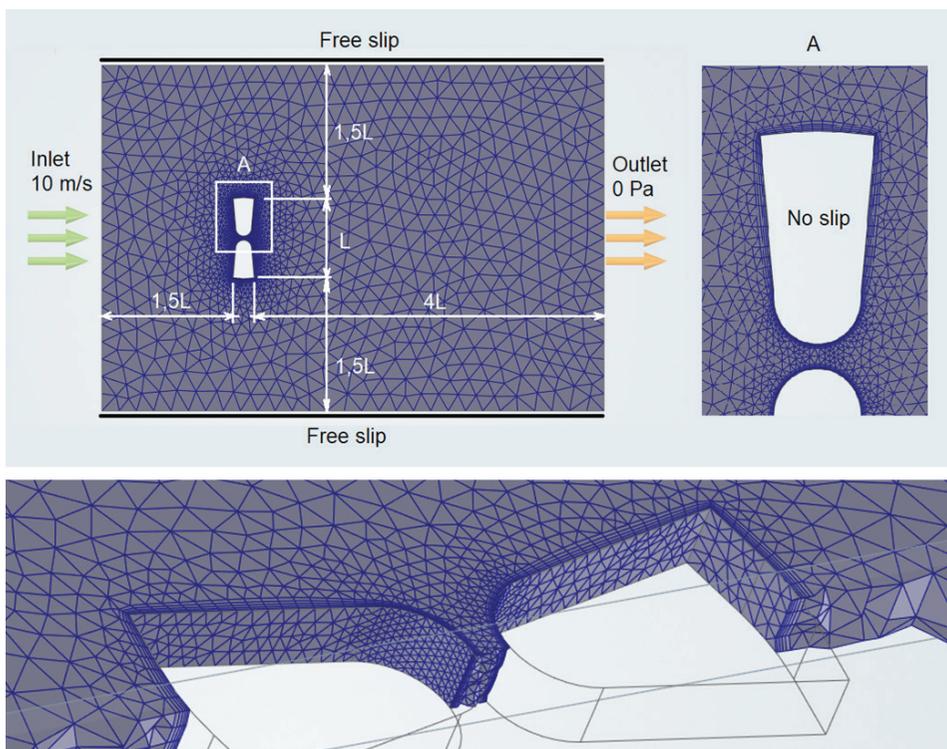


Рис. 2. Расчетная область для CFD-анализа

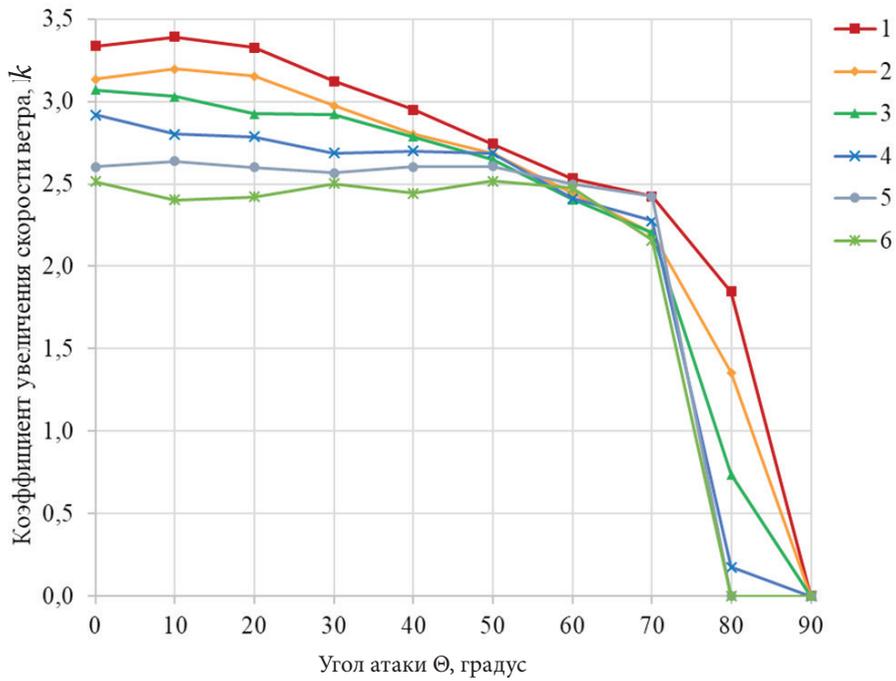


Рис. 3. График зависимости коэффициента увеличения скорости k от угла атаки Θ для всех моделей № 1–6

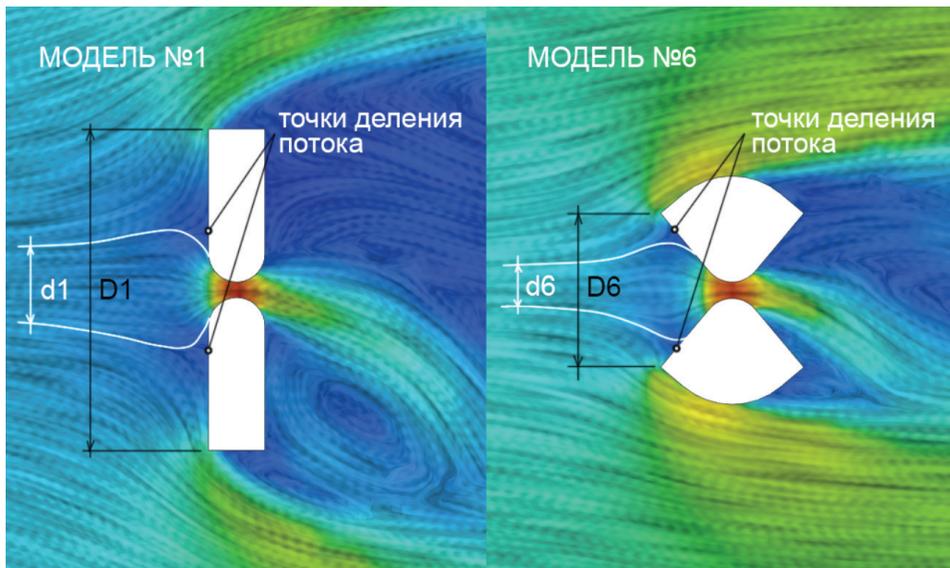
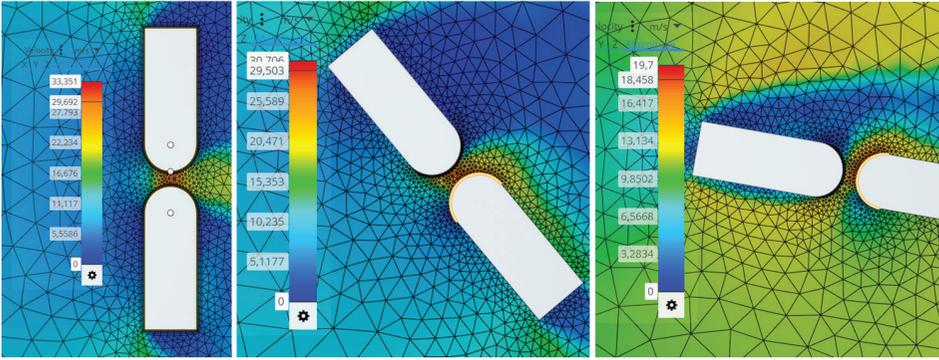
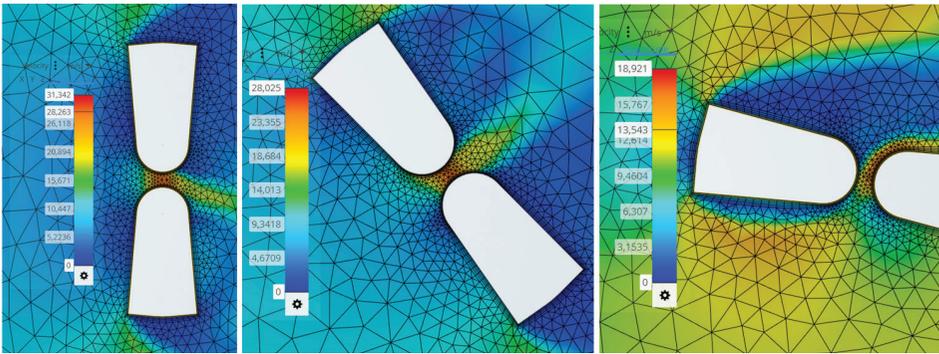


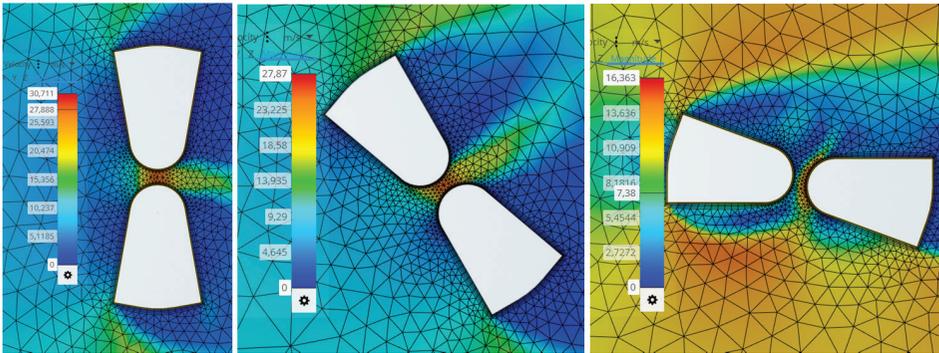
Рис. 4. Поля направлений обтекания моделей № 1 и № 6 при $\Theta = 0^\circ$



a

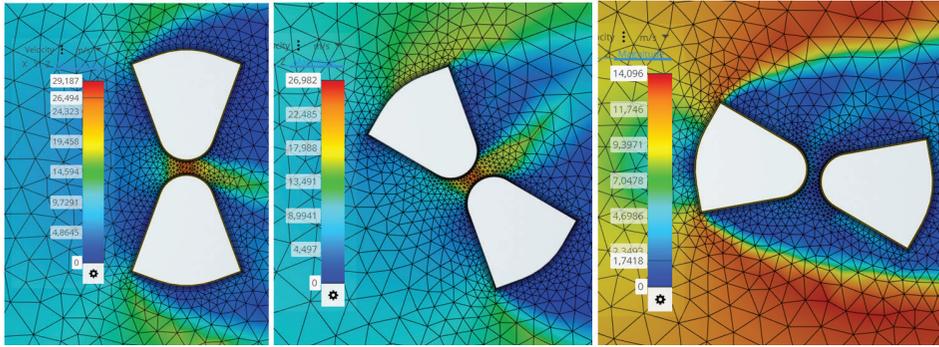


б

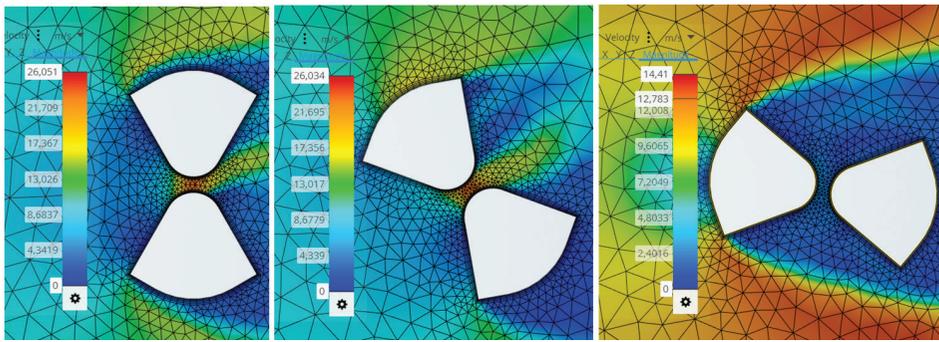


в

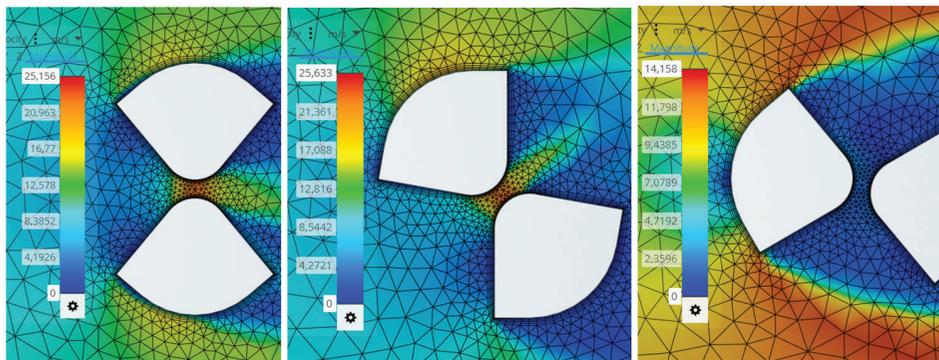
Рис. 5. Абсолютные значения скоростей [м/с] в зависимости от угла атаки $\Theta = 0^\circ, 40^\circ, 80^\circ$ для моделей № 3 (а), № 4 (б), № 5 (в) по результатам CFD-анализа



a



б



в

Рис. 6. Абсолютные значения скоростей [м/с] в зависимости от угла атаки $\Theta = 0^\circ, 40^\circ, 80^\circ$ для модели № 4 (а), № 5 (б), № 6 (в) по результатам CFD-анализа

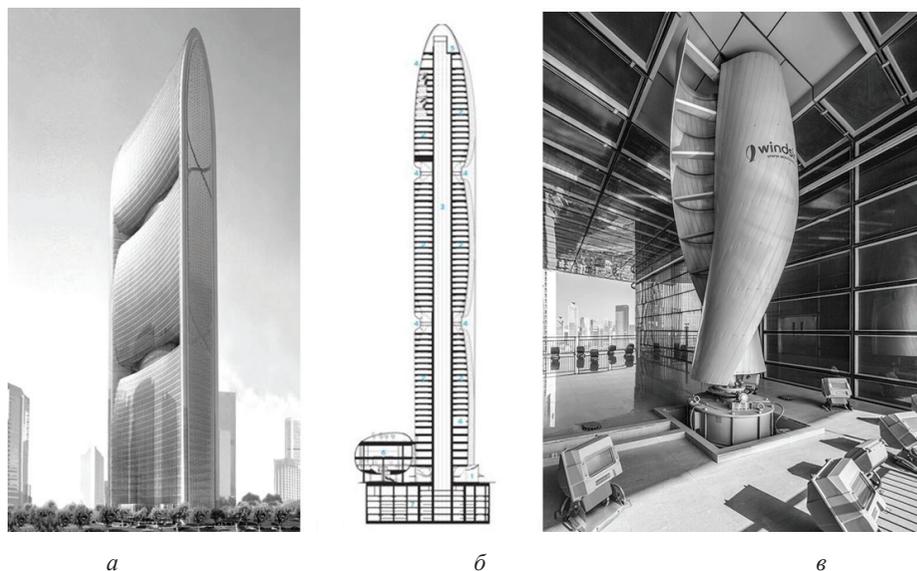


Рис. 3. Башня Перл-Ривер: *а* – общий вид; *б* – поперечный разрез; *в* – ветрогенератор

Внутри здания установлены четыре турбины с вертикальной осью высотой 8 м по две на каждом из двух уровней. Башня ориентирована по преобладающему направлению ветра, чтобы максимизировать выходную мощность турбин. Форма фасада здания позволяет направить потоки ветра к турбинам. Стоит отметить, что ветрогенераторы с вертикальной осью имеют более низкую энергоэффективность, в сравнении с ветрогенераторами с горизонтальной осью, однако имеют ряд преимуществ. Из-за более низкой скорости вращения они создают меньше шума и в условиях городских пространств могут работать даже в потоке с высокой турбулентностью. По результатам исследований [6] было показано, что форма фасада здания приводит к значительному усилению ветра в четырех отверстиях. Результаты измерения скорости ветра в отверстиях в зависимости от различного направления ветра представлены в работе [7].

Выводы по задаче 1

Можно сформулировать промежуточные выводы, выделив характерные особенности зданий с ветрогенераторами по решению аэродинамики здания и применяемому оборудованию:

1. Форма здания должна иметь воронкообразное очертание в плане для эффективного вовлечения потоков воздуха к ветрогенераторам и их стабилизации для уменьшения усталостных нагрузок на лопасти турбин.

2. Среди различных типов ветрогенераторов наиболее рационально для высотных зданий применение турбин с вертикальной осью, которые позволяют использовать для выработки электричества потоки воздуха с различных направлений и обладают меньшим шумовым воздействием.

3. Здание следует располагать с учетом преобладающего направления ветра для повышения выходной мощности турбин.

4. Наличие отверстий или пространств между двумя частями башен уменьшает давление ветра в зоне аэродинамической тени, в то же время наличие за зданием зоны отрицательного давления приводит к тому, что даже при неэффективных

углах набегающего ветра происходит обдув турбин вовлекаемым в зону пониженного давления потоком воздуха.

Параметризация геометрических размеров

В работе проводится исследование влияния формы внешней оболочки здания на скорость ветра в области турбины, а также возможность эффективного нагнетания ветра в область работы турбины при невыгодных направлениях ветра при неизменных технико-экономических показателях, а именно площади типового этажа здания.

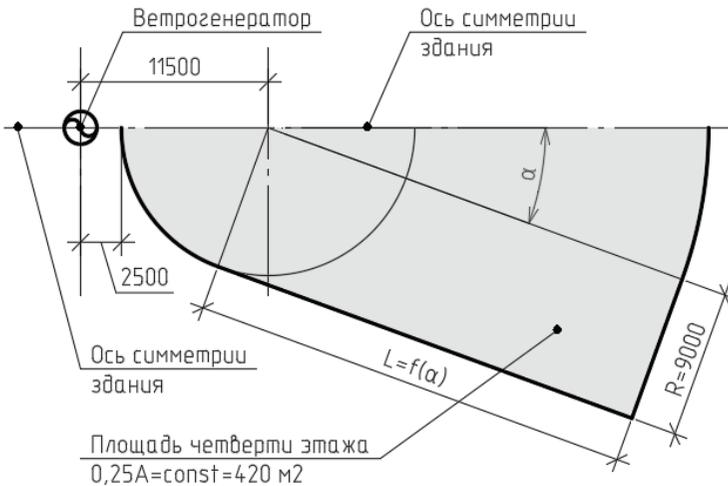


Рис. 4. Параметризация геометрических размеров типового этажа

Конфигурация типового этажа была параметризована так, что при переменном угле наклона α [рад] плоскости фасада к оси симметрии здания площадь типового этажа A [м²] остается неизменной за счет изменения длины $L = f(\alpha)$ [м] плоскости фасада (рис. 4) по формуле:

$$L = \frac{-R + \sqrt{R^2 - \alpha[(0,5\pi - \alpha)R^2 - 0,5A]}}{\alpha}.$$

Таким образом для углов $\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ получаем конфигурации типовых этажей, представленные на рис. 1 цв. вклейки. С учетом планируемых планировок и размещаемых функциональных зон площадь этажа A принята равной 1680 м².

Расчетная модель и методы расчета

Задача обтекания объектов потоками жидкости или газа решаются экспериментальными методами и методами численного моделирования. В общем случае для получения корректного решения требуется применение обоих методов, когда результаты численного моделирования проходят валидацию с данными, полученными в результате эксперимента. Поскольку в данной работе интересующие результаты исследования представляют собой относительные значения скоростей для разных исследуемых моделей, то исследование проведено только численным методом в программном комплексе *Ansys Discovery 2021 R1* в модуле *Fluent*.

В общем случае для решения задач обтекания тела потоком жидкости или газа используется нестационарное уравнение Навье-Стокса:



$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + \mu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f},$$

где ∇ – оператор набла, Δ – векторный оператор Лапласа, t – время, μ – коэффициент кинематической вязкости, ρ – плотность, p – давление, \vec{v} – векторное поле скорости, \vec{f} – векторное поле массовых сил. Неизвестные p и \vec{v} являются функциями времени и координат.

Поскольку в задачах внешнего обтекания зданий интерес представляют не мгновенные значения скорости и давления, а их осредненные по времени значения, то в таких расчетах могут быть использованы стационарные осредненные по Рейнольдсу трехмерные уравнения Навье-Стокса (англ. *RANS Reynolds-averaged Navier–Stokes*). Такие уравнения описывают осредненное по времени течение жидкости, их особенность (по сравнению с исходными уравнениями Навье-Стокса) заключается в том, что в них имеются новые неизвестные функции, которые характеризуют кажущиеся турбулентные напряжения.

Исследованию различных моделей турбулентности посвящена работа [8]. По ее результатам в данном исследовании в качестве модели турбулентности принята гибридная модель переноса сдвиговых напряжений $k-\omega$ SST, объединяющая преимущества двух моделей: в пристенной области используется $k-\omega$ модель, во внешнем потоке используется $k-\epsilon$ модель.

В задачах внешнего обтекания важным также является размер расчетной области. В данной работе размер расчетной области (рис. 2 цв. вклейки) принят несколько меньше рекомендуемой [8], однако это не является критическим, поскольку в работе интерес представляют относительные величины скоростей, а не их фактические значения.

В качестве входного условия (*Inlet*) задана скорость 10 м/с, в качестве выходного (*Outlet*) – условие постоянства статического давления $\Delta P = 0$. На границах расчетной области задано граничное условие симметрии (*Free slip*), на поверхностях исследуемой модели условие прилипания (*No slip*), т. е. скорость потока на такой поверхности равна нулю.

Расчетная область разбита на конечные объемы со сгущением сетки к поверхностям исследуемой модели (рис. 2 цв. вклейки). Поскольку градиент скорости в пристеночной области поверхности модели изменяется много быстрее, чем в основном объеме расчетной области, то пограничный слой вблизи модели разбит более густой сеткой призматических конечных элементов. В интересующей области канала для измерения скорости ветра размеры конечных элементов не превосходят 1 м.

В процессе расчета поверхности относящиеся к модели здания поворачивались относительно своего геометрического центра на угол Θ от 0° до 90° градусов с шагом в 10° , при этом происходило повторное разбиение расчетной области на конечные объемы, граничные условия оставались одинаковыми.

В результате расчета были исследованы шесть моделей зданий при угле атаки Θ от 0° до 90° с шагом в 10° . Измерялась максимальная скорость ветра в канале между двумя частями здания. Карты полей скоростей по результатам численных исследований для всех моделей при углах Θ равных 0° , 40° и 80° представлены на рис. 5, 6 цв. вклейки. При угле $\Theta = 90^\circ$ поток в канале является турбулентным и не может быть эффективно использован турбинами для выработки электроэнергии, скорость ветра в данной области принята равной 0 м/с. Результаты замеров абсолютной скорости ветра внутри канала v_k представлены в таблице.



Абсолютная максимальная скорость ветра в канале, м/с

Угол Θ , градус	Модель № 1	Модель № 2	Модель № 3	Модель № 4	Модель № 5	Модель № 6
0	33,351	31,342	30,711	29,187	26,051	25,156
10	33,913	31,979	30,304	28,024	26,370	24,043
20	33,285	31,530	29,250	27,859	26,011	24,202
30	31,233	29,738	29,226	26,869	25,660	25,024
40	29,503	28,025	27,870	26,982	26,034	24,432
50	27,415	26,831	26,497	26,885	26,065	25,177
60	25,334	24,431	24,047	24,112	24,982	24,745
70	24,258	22,016	22,028	22,754	24,255	21,596
80	18,458	13,543	7,380	1,742	0,000	0,000
90	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Поскольку скорость ветра является величиной переменной, то удобнее сравнивать степени увеличения скорости ветра в канале относительно входной скорости потока. Построим график зависимости коэффициентов увеличения скорости ветра $k = v_k/v_{вх}$, где для всех моделей $v_{вх} = 10$ м/с, от угла атаки Θ для всех шести моделей (рис. 3 цв. вклейки).

Для качественного анализа поведения потока в расчетной области следует визуализировать также поле направлений движения ветра, выделив точки деления потока и характерные группы направлений. Отображение полей направлений для двух крайних моделей зданий (№ 1 и № 6) представлено на рис. 4 цв. вклейки.

Выводы по задаче 2

По результатам проведенного исследования с учетом анализа обтекания здания потоком ветра по полям направлений можно сформулировать следующие выводы:

1. Наибольший коэффициент увеличения скорости ветра k достигается для всех значений Θ для первой модели с углом наклона плоскости фасада к продольной оси симметрии $\alpha = 0^\circ$, что вызвано вовлечением в канал большего объема воздуха ($d_l > d_b$ – рис. 4 цв. вклейки) за счет большего размера по фронту течения $D_l > D_b$;

2. Точки деления потока для моделей с углом $\alpha \neq 0^\circ$ расположены ближе к краям здания, что показывает более эффективное вовлечение потоков в зону канала, т. е. ожидается, что при размерах $D_l = D_b$ скорость ветра в канале будет больше для модели с наклонными плоскостями фасадов;

3. Коэффициент увеличения скорости k ветра для углов атаки $\Theta = 60^\circ - 70^\circ$ не зависит от угла наклона α плоскости фасада к продольной оси симметрии;

4. Для углов наклона $\alpha > 30^\circ$ коэффициент увеличения скорости ветра k не зависит от угла атаки Θ и резко уменьшается при $\Theta > 70^\circ$; при $\alpha < 30^\circ$ коэффициент увеличения скорости ветра k зависит от угла атаки Θ , уменьшаясь при росте Θ .

Таким образом, модель с углом $\alpha = 0^\circ$ более эффективна при фиксированной площади этажа, однако имеет больший размер по фронту ветрового потока, что увеличивает ветровую нагрузку на здание, а меньшая ширина усложняет обеспечение требуемой изгибной жесткости и потребует больших по сечению несущих конструкций. Для дальнейшего проектирования принята модель по типу второй, угол α принят равным 6° , поскольку для малых углов остается высоким k для большого диапазона Θ при сильном уменьшении продольного размера относительно модели с $\alpha = 0^\circ$.



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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Stankovic, S. Urban Wind Energy / S. Stankovic, N. Campbell, A. Harries. – London : Taylor & Francis, 2009. – DOI: 10.4324/9781849770262.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия: свод правил: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. № 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85* : дата введения 4 июня 2017 г. : [редакция от 30 декабря 2020 г.] – Москва : ЦПП, 2016. – 104 с. : ил. – Текст : непосредственный.
3. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Жилой комплекс со встроенными помещениями и подземной парковкой по ул. Революции 1905 г., 37, в г. Новороссийск. – 2017. – Текст : непосредственный.
4. Karadag, Ilker. Wind Turbine Integration to Tall Buildings / Ilker Karadag, Izzet Yüsek // Intech Open. – 2020. – P. 15. – DOI: 10.5772/intechopen.91650.
5. Smith, Richard F. Bahrain world trade Center (BWTC): The first large-scale integration of wind turbines in a building / Richard F. Smith, Shaun Killa // The Structural Design of Tall and Special Buildings. – 2007. – Volume 16, № 4. – P. 429-439. – DOI: 10.1002/tal.416.
6. Li QS, Shu ZR, Chen FB. Performance assessment of tall building-integrated wind turbines for power generation / QS Li, ZR Shu, FB Chen // Applied Energy. – 2016. – Volume 165. – P. 777-788. – DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.12.114.
7. Frechette, Roger. Towards Zero Energy. A Case Study of the Pearl River Tower, Guangzhou, China / Roger Frechette, Russell Gilchrist // CTBUH 2008 : 8th World Congress. – Dubai. – 2008. – P. 11.
8. Вальгер, С. А. Структура турбулентного отрывного течения в окрестности установленной на пластине призмы с квадратным сечением / С. А. Вальгер, Н. Н. Федорова, А. В. Федоров // Теплофизика и аэромеханика. – 2015. – Том 22, № 1. – С. 29–42.

KHAZOV Palel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; POZDEEV Maksim Leonidovich, student

FORM OPTIMIZATION OF ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS WITH WIND TURBINES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: khazov.nngasu@mail.ru, maksim.leon.pz@yandex.ru

Key words: building optimization, energy efficient buildings, wind turbines, building aerodynamics, CFD analysis.

The article considers modern trends in the design of energy-efficient high-rise buildings with wind turbines. Parametric studies of the optimal shape of the building have been carried out using computational hydro-gas dynamics (CFD) methods to maximize the speed of the air flow passing through the wind turbines in different wind directions/

REFERENCES

1. Stankovic S, Campbell N, Harries A. Urban Wind Energy. London: Taylor & Francis;



2009. DOI: 10.4324/9781849770262.

2. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya [Loads and impacts]: svod pravil: izdanie ofitsialnoe: utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Min-va stroit-va i zhilishno-kommunal. khozva RF ot 3 dekabrya 2016 g. № 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.01.07-85* : data vved. 4 iyulya 2017 g. : redaktsiya ot 30 dekabrya 2020 g. – Moscow: TsPP, 2016. – 104 p.: il.

3. Tekhnicheskii otchyot po inzhenerno-geologicheskim izyskaniyam. Zhiloy kompleks so vstroennymi pomescheniyami i podzemnoy parkovkoy po ul. Revolyutsii 1905 g., 37, v g. Novorossiysk [Technical report on engineering and geological surveys. Residential complex with built-in premises and underground parking on Revolution of 1905 street, 37, in the city of Novorossiysk]. – 2017.

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

5. Smith R.F., Killa S. Bahrain world trade Center (BWTC): The first large-scale integration of wind turbines in a building. The Structural Design of Tall and Special Buildings. 2007; 16(4):429-439. DOI: 10.1002/tal.416.

6. Li QS, Shu ZR, Chen FB. Performance assessment of tall building-integrated wind turbines for power generation. Applied Energy. 2016; 165:777-788. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.12.114.

7. Frechette Roger. Towards Zero Energy. A Case Study of the Pearl River Tower, Guangzhou, China / Roger Frechette, Russell Gilchrist // CTBUH 2008 8th World Congress, Dubai. – 2008. – P. 11.

8. Valger S. A., Fyodorova N. N., Fyodorov A. V. Struktura turbulentsogo otrynnogo techeniya v okrestnosti ustanovlennoy na plastine prizmy s kvadratnym secheniem [The structure of a turbulent separated flow in the vicinity of a prism with a square section installed on a plate] / Teplofizika i aeromekhanika [Thermophysics and Aerodynamics]. – 2015. – Vol. 22, № 1. – P. 29–42.

© П. А. Хазов, М. Л. Поздеев, 2021

Получено: 02.10.2021 г.

УДК 629.1-47:69.002.5

И. Г. КУКЛИНА, канд. техн. наук, доц. кафедры информационных систем и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96;
эл. почта: istkuklina@rambler.ru

Ключевые слова: геокриологическая разведка, специальные строительные средства, частотные передаточные характеристики, моделирование.

Приводятся результаты исследований в области возможностей специальных транспортно-технологических ледорезных машин для изучения свойств опорного основания при строительстве зданий и сооружений в условиях многолетнемерзлых и сезонномерзлых грунтов. Основной целью изысканий являются получение математических зависимостей определения свойств грунта по передаточным характеристикам динамических систем ледорезных транспортно-технологических машин. Испытания проводились на моделях специальных машин высокой проходимости. Генерация частотных передаточных характеристик, получаемых при выполнении операций рабочим органом технологического средства, позволяет определить характеристики грунтов опорной поверхности предполагаемой застройки.

Обеспечение безопасности и устойчивости возводимых объектов гражданского и промышленного строительства в геокриологических районах невозможно без полномасштабного исследования опорного основания для сооружаемых зданий, сооружений, дорог. Территория России с многолетнемерзлыми и сезонномерзлыми грунтами составляет более 60 % от общей площади России, поэтому исследование возможностей геокриологической разведки является актуальной задачей [1]. Для этого могут применяться шнекоходы, хорошо зарекомендовавшие себя при освоении Крайнего Севера. Наличие у специальных машин роторно-винтового двигателя позволяет транспортно-технологическому средству преодолевать непроходимые болота, с легкостью перемещаться по льду, а в случае возможного разрушения льда и выхода на водную поверхность – плыть, применяя шнеки в качестве винтов. Снегоболотоход, разработкой которого долгое время занимались в НГТУ им. Р. Е. Алексеева такие видные ученые как: Николаев А. Ф., Куляшов А. П., Барахтанов Л. В. – способен выполнять технологические операции по геокриоразведке грунтов в труднодоступных районах Крайнего Севера. Но и в средних широтах заболоченной пересеченной местности, при анализе сезонных переформирований береговой линии [2] и для обслуживания судов в зимний период долгое время применяются специальные транспортно-технологические средства, имеющие двигатель – винтовой ротор. Изучению и разработке расчетных параметров взаимодействия транспортно-технологической машины и снежно-ледового покрова земли (эти машины представлены на фотографиях, рис. 1) посвящены труды Белякова В. В., Молева Ю. И., диссертация профессора Шапкина В. А. [3].

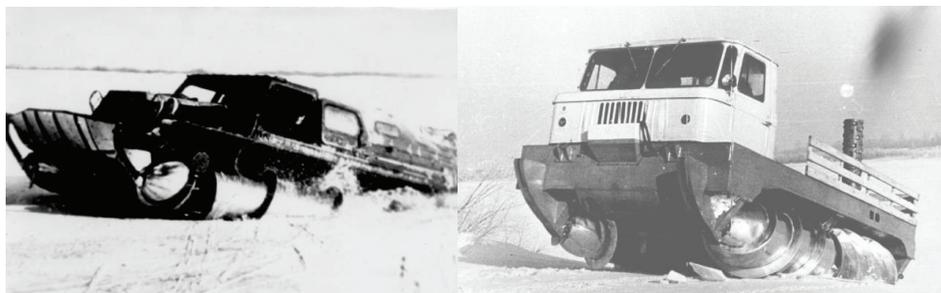


Рис. 1. Роторно-винтовая машина ГПИ-66 (Горьковского политехнического института) и машина ГПИ 72 с навесным рабочим органом

Прокладка трубопроводов и кабелей через реки и водоемы в зимнее время, строительство домов и ледовых переправ требует предварительной геокриологической разведки. Создание и совершенствование ледорезной техники обусловлено необходимостью проведения технологических операций для защиты опор мостов, гидротехнических сооружений и корпусов судов от сжимающего действия льда и в период ледохода. Позже было предложено оснащать роторно-винтовые машины специальным оборудованием для разработки опорного основания. Интересным оказался тот факт, что известными учеными-автомобилистами характеристические частотные графические передаточные функции могут быть применимы для исследования качественных показателей грунтов геокриологической зоны Российского Севера. Полученные графики амплитудно-частотных характеристик передаточных функций дают возможность представить достоверные данные о твердости опорного основания.

Транспортно-технологические роторно-винтовые машины (ТТ РВМ) могут агре-



гатироваться как прицепным, так и навесными орудиями для проведения ледорезных работ, чаще всего применяются пальцевые или дисковые фрезы, реже – цепной привод. Испытывая на себе силовое воздействие от работы фрезы, винтовые секции движителя догружаются нормальными нагрузками либо происходит смещение центра давления, либо осуществляется и то и другое одновременно, что не может не оказать влияния на виброн нагружение кузова машины. Именно по характеристикам изменения колебательных процессов кузова и агрегатов машины и определяются характеристические показатели опорной поверхности.

На рис. 2 показана схема нагружения ледорезной машины с дисковой фрезой во время работы. При фрезеровании льда под действием силы тяжести фрезы и элементов ее привода, а также реактивных сил на фрезу со стороны льда и мерзлого грунта происходит смещение центра давления, изменение эпюры поперечных давлений по длине движителя и неравномерное распределение нормальной нагрузки между роторами движителя. Это явление наиболее полно отражено в работах Куляшова А. П. Смещение центра давления под действием рабочего оборудования для одиночной машины с навесным рабочим оборудованием рассчитывается по следующей формуле:

$$x_{\text{цдр}} = \frac{(G_{\text{po}} + R_z)(L + l_{\text{po}})}{Q} + l_{\text{цдр}} \left(\frac{G}{Q} - 1 \right) - z_{\text{xa}}, \quad (1)$$

где G_{po} – вес рабочего оборудования; R_z – вертикальная реакция со стороны льда на рабочее оборудование во время фрезерования льда; L – длина опорной поверхности ротора (по допущению длина базового цилиндра); l_{po} – расстояние от точки контакта последней лопасти до центра фрезы; $l_{\text{цдр}}$ – расстояние от точки контакта передней лопасти до центра давления (центра тяжести) базовой машины; G – вес машины; R_{xa} – горизонтальная продольная составляющая реакции льда на результирующую силу на рабочем органе; z_{xa} – расстояние от поверхности льда до места приложения результирующей силы на рабочем органе; $Q = G + G_{\text{po}} + R_z$ реакция льда в точке «нового» центра давления.

Реакция со стороны рабочего оборудования во время фрезерования ледомерзлого опорного основания определяется при помощи методики А. А. Назаровского по формуле 2:

$$R = \frac{R_{x\text{фр.}} \cdot l_{x\text{фр.}} + R_{z\text{фр.}} \cdot \left(\frac{L}{2} + l_{x\text{фр.}} \right) + M_{z\text{фр.}} \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{2} \right)^2 + l_{y\text{po}}^2}}{L/2 + l_{x\text{фр.}}} + \frac{G_{\text{po}} \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{2} \right)^2 + l_{y\text{po}}^2}}{L/2 + l_{x\text{фр.}}}, \quad (2)$$

где G_{po} – вес рабочего органа; $R_{x\text{фр.}}$, $R_{z\text{фр.}}$ – реакции со стороны работающей фрезы; $l_{x\text{фр.}}$, $l_{y\text{фр.}}$ – расстояние от поперечной оси машины до оси концевой пальцевой фрезы по осям.

Навесной рабочий орган и машина составляют одно целое и не могут рассматриваться как независимые системы. Поэтому сила тяжести и все реактивные силы, действующие на рабочий орган машины во время работы со стороны мерзлого грунта, полностью воспринимаются базовой машиной. По колебательным и вибрационным нагружениям во время выполнения технологических операций можно определить характеристические особенности опорного основания.

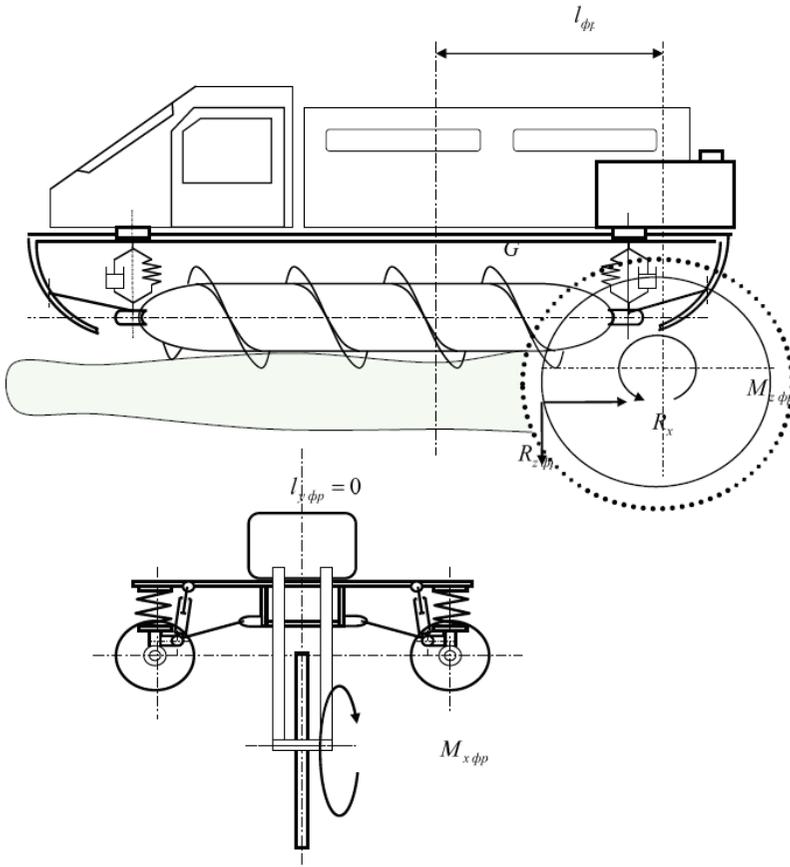


Рис. 2. Схема нагружения ледорезной машины ЛФМ-РВД-ГПИ-66, оснащенной дисковой фрезой, во время работы

На рис. 2 представлена принципиальная схема работы ледово-фрезерной машины ГПИ-66, оснащенной дисковой фрезой. Назначение машины – разработка льда, снега и мерзлого грунта. При выполнении технологических операций рабочим органом колебательные нагрузки от разработки опорной поверхности передаются на элементы машины. Кузов экспериментальной роторно-винтовой машины оснащен датчиками виброперемещения. Соответственно характер и величина колебательных процессов с высокой точностью могут определить характеристики разрабатываемого материала мерзлого грунта.

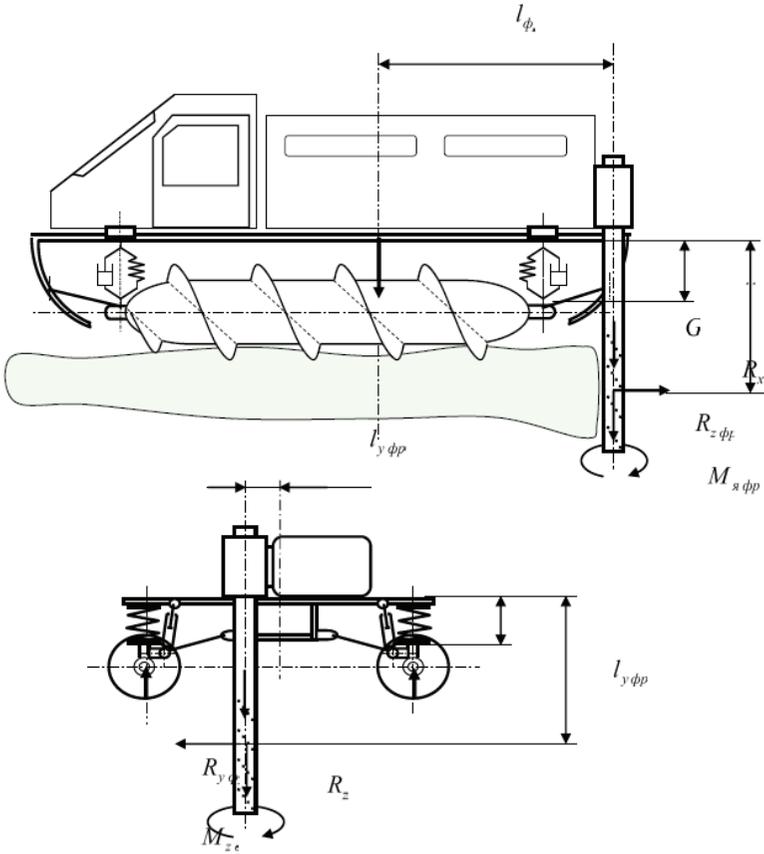


Рис. 3. Схема нагружения ледорезной машины ЛФМ-РВД-ГПИ-66, оснащенной пальцевой фрезой, во время работы

В дальнейшем более внимательно будет исследовано вибрационное воздействие пальцевой фрезы, так как в результате силовой работы навесного рабочего органа на базовую машину происходит смещение центра давления опорной поверхности движителя, нарушается равенство нормальных реакций на роторы, и по показателям датчиков перемещений исследуемых точек можно построить характеристики изменений разрабатываемой грунтовой поверхности.

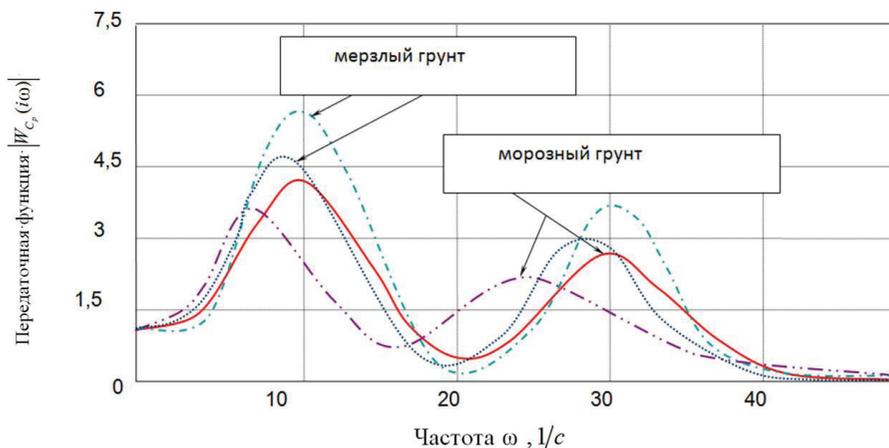


Рис. 4. Графики амплитудно-частотной характеристики отклика системы на воздействие от рабочего органа

На рис. 4 показаны экспериментальные графики передаточных функций элементов роторно-винтовой машины типа ГПИ-66 при разных качественных характеристиках разрабатываемого мерзлого грунта исследуемой местности предполагаемой застройки. Передаточные характеристики динамической системы выявляют два резонансных пика: первый (наибольший) – в районе 10 Гц, а второй (наименьший) – в районе 30 Гц. Передаточные характеристики упруго-вязкой подвески показаны на рис. 4 и получены для задней исследуемой точки кузова машины. Особенностью этих характеристик является то, что во всех расчетных режимах чувствительность при разработке мерзлого грунта значительно выше, чем при резании морозного грунта. При выполнении транспортно-технологическим средством рабочих операций анализируются всплески амплитудно-частотной характеристики, по которым можно определить свойства разрабатываемого опорного основания. Для сыпучемерзлых грунтов пики передаточных характеристик находятся на частотах 8 Гц и 25 Гц. Для твердомерзлых грунтов пики передаточных характеристик находятся на частотах 13 Гц и 30 Гц.

Во избежание галопирования и колебаний машины следует снижать скорость резания грунта до такого значения, при котором коэффициент распределения жесткостей равен единице. Скорость роторно-винтовой машины будет прямо пропорциональна жесткости разрабатываемых геологических образований мерзлого грунта.

На рис. 5 показаны спектральные плотности ускорений кузова машины ГПИ-66 при простом перемещении и при выполнении технологических операций. Заметно смещение пиковых моментов графиков в сторону более высоких частот и снижение самих значений пиковых нагрузок. Данный эффект объясняется тем, что вибрационные характеристики в транспортном режиме переходят в разряд более плавного колебательного перемещения кузова машины. Наиболее предпочтительное применение машины для транспортировки людей и оборудования в непроходимых снежных долинах северного бездорожья. Плавность хода по снежному основанию (продемонстрирована графиком на рис. 5) наиболее приемлема для операторов и пассажиров транспортно-технологического средства.

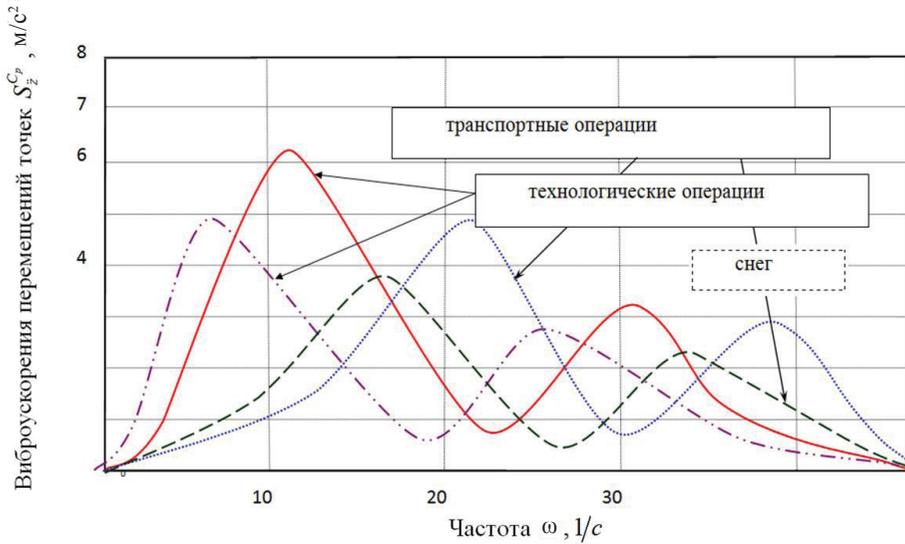


Рис. 5. Графики амплитудно-частотной характеристики отклика системы при выполнении машиной транспортных операций и при разработке грунта

При выполнении транспортных операций резонансные пики обеих машин приходятся на область 10–20 Гц, а при выполнении технологических – на область 7,5–9,5 Гц. Плавность хода шнекороторной машины хуже при выполнении технологических операций по резке мерзлого грунта, при этом резонансные пики находятся в области частот, негативно влияющих на организм человека.

Анализируемая передаточная характеристика является характеристикой второго порядка и имеет соответствующие признаки заметно демпфированной цепи 2-го порядка – характерный подъем АЧХ на некоторой частоте и переходные характеристики с амплитудными всплесками.

Данная переходная характеристика дает представление о поведении системы в переходных режимах, демонстрируя отношение комплексной амплитуды гармонических вынужденных колебаний к комплексной амплитуде гармонической вынуждающей силы. Частотная передаточная функция получается из динамической передаточной функции заменой комплексной переменной s на чисто мнимую величину $i\omega$. Другими словами, переход от динамической передаточной функции $W(s)$ к частотной передаточной функции $W(i\omega)$ соответствует переходу от преобразования Лапласа к преобразованию Фурье [4]. Причем это заключение справедливо и для тех случаев, когда динамическая передаточная функция и комплексные амплитуды определяются в безразмерных величинах.

Резонансные зоны и в случае рассмотрения передаточных функций отличаются максимальными значениями расчетных величин. Как видно, для низкочастотных полей (малые значения ω) резонансные пики больше, для высокочастотных полей резонансные пики ниже, а время затухания колебательных процессов в последнем случае увеличивается. Выбранное затухание подвески практически справедливо для рассматриваемой масштабной модели роторно-винтовой машины.

Расчет отклика системы с произвольной формой переходной характеристики на произвольно заданное входное воздействие – задача достаточно сложная. Ее решение облегчается, если передаточная характеристика и входное воздействие

заданы в табличном виде, т. е. в виде ряда значений $a(t)$ и $u(t)$ для фиксированных моментов времени t на отрезке T . Решение данной задачи выполнялось при использовании эффективного аппарата сплайн-интерполяции табличных данных в автоматизированном редакторе математических расчетов *MathCAD*. Векторы A и U задают узловые точки зависимостей $a(t)$ и $u(t)$ на отрезке времени T . Эти векторы одинаковой длины, а их элементы относятся к соответствующим одинаковым моментам времени. После проведения сплайн-интерполяции (с линейной экстраполяцией) зависимостей $a(t)$ и $u(t)$ они получают в непрерывном виде и используются в интеграле свертки для вычисления реакции $z(t)$.

Табличное значение $u(t)$ облегчает вычисление производной $u'(t)$ в численном виде, что, в свою очередь, ускоряет вычисления.

Таким образом, продемонстрирован несложный прием получения спектральной плотности выходного процесса системы, решение которого выполняется с помощью современных автоматизированных информационных технологий [5]. Результатом решения выступают графические зависимости, полученные методом Рунге-Кутты в процессоре *MathCAD PRO*. Данный прием хорош своей простотой и наглядностью: стоит лишь задать параметры входного воздействия и переходной характеристики подвески, чтобы получить графическую реализацию реакции системы на заданное воздействие. Результат решения показан на рис. 6.

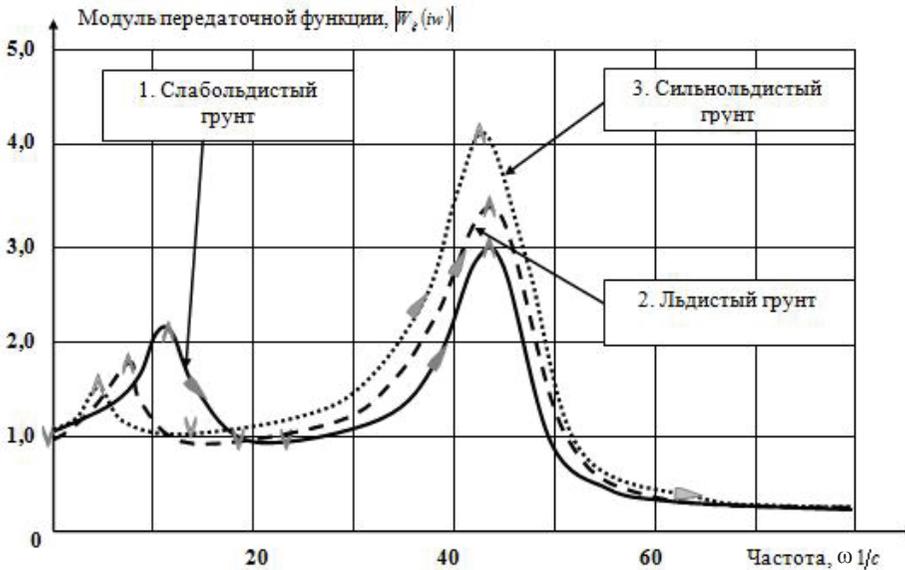


Рис. 6. Амплитудно-частотные характеристики перемещений кузова роторно-винтовой машины. Графическое решение уравнения выполнено методом Рунге-Кутты в системе математических расчетов *MathCAD*

Положение центра тяжести роторно-винтовой машины выбирают обычно так, чтобы обеспечить хорошее сцепление роторов с трассой движения. При компоновке агрегатов машины момент инерции подрессоренной части существенно зависит от расположения силового агрегата.

Одновременно возрастают наибольшее перемещение и ширина резонанса. Уменьшение массы подрессоренной части оказывает аналогичное влияние и на



колебания ротора в области низкочастотного резонанса. В области высокочастотного резонанса наблюдается значительное увеличение перемещения ротора.

Изменение массы подрессоренной части оказывает влияние на ускорения кузова виброперемещений кузова машины. Все эти показатели необходимо учитывать при выполнении машиной экспериментальных операций по определению характеристического наполнения мерзлого грунта (физических и механических свойств грунта). Наблюдается прямая пропорциональность между уменьшением массы подрессоренной части машины и ростом ускорения колебательных процессов.

Таким образом, при изменении характеристик опорного разрабатываемого основания мерзлого грунта происходит изменение вида виброперемещения кузова транспортно-технологического средства. Происходит это по двум причинам:

1) возрастают сопротивления на рабочем органе машины. В первом приближении можно считать, что это увеличение происходит прямо пропорционально уменьшению жесткости мерзлого или морозного грунта;

2) низкая собственная частота с уменьшением жесткости грунта увеличивается, поэтому резонансные явления в заданном интервале скоростей движения соответствуют более мягким грунтам.

Смещение центра тяжести (положения момента инерции) к передней части машины в интервале $(1/7-1/8)$ от длины машины снижает величины ускорений собственных колебаний кузова машины и позволяет более точно определять характеристические особенности опорного основания мерзлого грунта.

Частотные передаточные характеристики колебательных процессов механических моделей – классическое исследование динамики вибрационных процессов внутри системы. Отображение упруго-вязко-пластических свойств грунтов при помощи механических моделей Бингама, Кельвина-Фойгта, Максвелла позволяют решать задачи упруго-вязких систем при помощи известных математических аппаратов Рунге-Кутта и Лапласа. Приняв за систему изысканий зависимость влажности и гранулометрического состава многолетнемерзлых и сезонномерзлых грунтов от всплеска амплитудно-частотных характеристик передаточных функций рабочего органа и кузова роторно-винтовой машины, можно определить, что при возрастании сопротивления резанию пиковые значения графиков передаточных функций производят смещение в сторону более низких частот. Криогенная текстура разрабатываемого грунта может быть проанализирована при помощи частотного исследования передаточных характеристик колебательных процессов кузова транспортно-технологической роторно-винтовой машины. Получение точных численных значений требует дальнейшей проработки предложенных научных исследований в предложенной сфере научных изысканий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)»: постановление Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2001 г. № 848 : [редакция от 20.09.2017, с изменениями от 12.10.2017]. – URL: <https://sudact.ru/law/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-05122001-n-848/>. – Текст : электронный.

2. Влияние переформирования берегов озерной части Горьковского водохранилища на кадастровую стоимость земельных участков, прилегающих к водоохранной зоне / Д. В. Мониц, Д. Н. Хохлов, А. В. Чечин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 2. – С. 120–129.

3. Шапкин, В. А. Основы теории движения машин с роторно-винтовым двигателем



по заснеженной местности : специальность 05.05.03. : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Шапкин Виктор Александрович ; [Место защиты : Нижегородский государственный технический университет]. – Нижний Новгород, 2001. – 391 с. – Текст : непосредственный.

4. Снижение виброперегрузок, возбуждаемых вращающимися валами в переходных режимах / Б. А. Гордеев, С. Н. Охулков, А. Н. Осмехин, А. Е. Шохин. – Текст : непосредственный // Вестник машиностроения. – Москва, 2018. – № 2. – С. 9–15.

5. Simulation of noise generated by a rotary-screw mover as a result of friction / I. Erasov, I. Kuklina, D. Mokerov, Yu. Molev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – № 695. – С. 012027.

6. Куклина, И. Г. Автоматизация процессов проектирования при создании и эксплуатации специальных автомашин / И. Г. Куклина // Computational Nanotechnology. – 2019. – Том 6, № 4. – С. 9–17.

KUKLINA Irina Gennadevna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of information systems and technologies

RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF GEOLOCRYOLOGICAL SURVEY FOR CONSTRUCTION WITH THE USE OF SPECIAL TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL MACHINES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: istkuklina@rambler.ru

Key words: geolocryological prospecting, special construction equipment, frequency transfer characteristics, modeling.

The article presents the results of research in the field of possibilities of special transport and technological ice-cutting machines for studying properties of the support base during the construction of residential buildings in the permafrost and seasonally frozen soils. The main purpose of the survey is to obtain mathematical dependencies for determining soil properties by transfer characteristics of dynamic systems of ice-cutting transport and technological systems. The tests were carried out on models of special cross-country vehicles. The generation of frequency transfer characteristics obtained during the performance of operations by the working body of the technological means allows one to determine the characteristics of the soils of the supporting surface of the proposed development.

REFERENCES

1. O federalnoy tselevoy programme “Razvitie transportnoy sistemy Rossii (2010-2015 gody)” [On the federal target program “Development of the transport system of Russia (2010-2015)”] : postanovlenie Pravitelstva RF ot 5 dekabrya 2001 g. № 848 : redaktsiya ot 20.09.2017 s izmeneniyami ot 12.10.2017. – URL: <https://sudact.ru/law/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-05122001-n-848/>.

2. Monich D. V., Khokhlov D. N., Chechin A. V. Vliyaniye pereformirovaniya beregov ozeronoy chasti Gorkovskogo vodokhranilischa na kadastruvuyu stoimost zemelnykh uchastkov, privileyuschikh k vodookhrannoy zone [Influence of the reshaping of the shores of the lake part of the Gorky reservoir on the cadastral value of land plots adjacent to the water protection zone]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. № 2. P. 120–129.

3. Shapkin V. A. Osnovy teorii dvizheniya mashin s rotorno-vintovym dvizhitelem po zasnezhennoy mestnosti [Fundamentals of the theory of movement of machines with a rotary



screw propeller on snowy terrain]: spetsialnost 05.05.03. : diss. na soiskanie uch. stepeni dok. tekhnicheskikh nauk / Nizhegorod. gos. tekhnicheskiiy universitet. Nizhny Novgorod, 2001, 391 p.

4. Gordeev B. A., Okhulkov S. N., Osmekhin A. N., Shokhin A. E. Snizhenie vibroperegruzok, vzbuzhdaemykh vraschayuschimisya valami v perekhodnykh rezhimakh [Reducing vibration overloads excited by rotating shafts in transient modes]. Vestnik mashinostroeniya [Bulletin of mechanical engineering]. Moscow, 2018. – № 2. P. 9–15.

5. Erasov I., Kuklina I., Mokerov D., Molev Yu. Simulation of noise generated by a rotary-screw mover as a result of friction. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. – № 695. – С 012027.

6. Kuklina I. G. Avtomatizatsiya protsessov proektirovaniya pri sozdanii i ekspluatatsii spetsialnykh avtomashin [Automation of design processes in the creation and operation of special vehicles]. Computational Nanotechnology. 2019. Vol. 6, № 4. P. 9–17.

© И. Г. Куклина, 2021

Получено: 22.09.2021 г.

УДК 528.482:69.058.2

Г. А. ШЕХОВЦОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОДНОСТОРОННИХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНА КУСТА ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 434-05-26;
эл. почта: kochetova@nngasu.ru

Ключевые слова: крен, координаты, сечение, односторонний и двухэтапный способ, пиксель, теорема косинусов.

Рассматриваются теоретические основы определения крена куста промышленных дымовых труб односторонним и односторонним двухэтапным способами. Их сущность заключается в одновременном определении крена каждой трубы куста и его направления с одной или с двух створных точек стояния электронного тахеометра. Показана методика использования для этого прямоугольных координат, теоремы косинусов, проектного полигона и выполнено знаковое моделирование, результаты которого подтверждают состоятельность предложенных вариантов в сложных для геодезических измерений условиях промышленных площадок.

В настоящее время широкое распространение на российских предприятиях получили дымовые металлические трубы высотой до 120 м и диаметром до двух и более метров. К основным отличительным особенностям таких труб можно отнести их постоянный диаметр и зачастую их компактное расположение, например, в ряд с размещением несущих каркасов внутри производственных корпусов (рис. 1).

В этих условиях определение крена труб известным линейно-угловым способом, рекомендуемым к применению в работе [1] для отдельно стоящей трубы, возможно лишь для верхней видимой части труб. Аналогичное замечание относится и к предложениям использования GPS-приемников [2] или лазерного сканирова-

ния [3]. Кроме того, эти предложения на данный момент пока относятся, согласно нашей классификации [4], к перспективным способам определения крена сооружений башенного типа. Кроме того, в современной литературе практически не отражены возможности использования электронных тахеометров для одновременного определения крена куста металлических дымовых труб не только видимой их части, но и каждой трубы в целом.



Рис. 1. Пример куста металлических дымовых труб

В статье рассматриваются различные односторонние способы одновременно определения крена куста металлических дымовых труб, выполняемые с одной (рис. 2) или с двух расположенных в створе точек стояния электронного тахеометра (рис. 3).

Как правило, металлические трубы диаметром менее 2 метров имеют в своем сечении форму правильной окружности [1] известного радиуса R . В этом случае для определения крена видимой части труб можно методом полярной засечки найти координаты x_B, y_B центра верхнего В и x_H, y_H нижнего Н сечений каждой трубы следующим образом:

$$x_B = x_T + d_B \cos \alpha_B, y_B = y_T + d_B \sin \alpha_B, \quad (1)$$

$$x_H = x_T + d_H \cos \alpha_H, y_H = y_T + d_H \sin \alpha_H,$$

где x_T и y_T – координаты точки стояния тахеометра Т; d_B и d_H – расстояния Т-В и Т-Н до центров сечений каждой трубы, дирекционные углы которых равны соответственно α_B и α_H (см. рис. 2).

Для выполнения полярной засечки устанавливают тахеометр в произвольной точке Т, визируют на середину верхнего и середину видимого нижнего сечения каждой трубы, измеряя с использованием клавиши SDh горизонтальные проложения Т-2 и Т-5. Одновременно определяют в условной системе xT дирекционные углы α_B и α_H направлений Т-В и Т-Н. По формулам (1) вычисляют координаты верхнего и нижнего центров каждой трубы, по которым определяют величину крена и его направление путем решения обратной геодезической задачи.

Для иллюстрации сказанного было выполнено знаковое моделирование, где в



качестве модели фигурировала схема на рис. 2, на которой представлены четыре трубы одного диаметра и крена. В системе *Paint* были измерены в пикселях (пкс) координаты точки Т (56; 234 пкс), уточнены радиусы верхних и нижних сечений (см. табл. 1, стб. 2), найдены расстояния Т-2, Т-5 до каждой трубы (стб. 3) и дирекционные углы α_B и α_H (стб. 4).

Затем по формулам (1), в которых $d_B = (Т-2) + R$, $d_H = (Т-5) + R$, были вычислены координаты центров труб $x_{B,H}$ и $y_{B,H}$ (стб. 5, 6), по которым находили крен НВ каждой трубы (стб. 7) и его ориентирование (стб. 8).

Таблица 1

Результаты полярного метода вычисления крена труб (пкс)

Центры	R	Т-2, Т-5	$\alpha_B, \alpha_H,$ градус	Координата		Крен НВ	α , градус
				$x_{B,H}$	$y_{B,H}$		
1	2	3	4	5	6	7	8
Труба I							
В	32,00	226,31	316,074	242,0	54,8	26,3	297
Н	32,50	201,14	318,224	230,2	78,3		
Труба II							
В	32,00	169,00	337,380	241,5	156,7	26,5	296
Н	32,25	149,62	342,897	229,8	180,5		
Труба III							
В	32,25	155,56	8,13010	241,9	260,6	28,8	297
Н	32,25	148,37	16,847	228,9	286,3		
Труба IV							
В	32,25	193,34	34,676	241,5	362,4	26,9	298
Н	32,00	198,40	41,322	229,0	386,1		

Как видно из табл. 1, получены практически одинаковые значения радиуса R , крена НВ и его ориентировки. Расхождения R и НВ находятся в пределах точности отсчитывания по курсору 1-2 пкс.

Отличительной особенностью приведенной методики является возможность использования теоремы косинусов для непосредственного вычисления крена и его ориентировки. Действительно, из треугольника ВНТ следует, что $(НВ)^2 = d_B^2 + d_H^2 - 2d_B d_H \cos \Delta$, а дирекционный угол крена $\alpha_{НВ} = \alpha_H + \angle ВНТ - 180^\circ$. Угол Δ равен разности α_H и α_B , а угол $\angle ВНТ$ можно найти по теореме синусов $\sin \angle ВНТ = d_B \sin \Delta / НВ$. Результаты таких вычислений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты определения крена по теореме косинусов

Номер трубы	d_B , пкс	d_H , пкс	Δ , °	$\cos\Delta$	НВ, пкс	α_H , °	\angle ВНТ, °	$\alpha_{ВН}$, °
I	258,31	233,64	2,150	0,99930	26,3	318,2	158,4	297
II	201,00	181,87	5,517	0,99537	26,5	342,9	133,3	296
III	187,81	180,62	8,717	0,98845	28,9	16,8	100,0	297
VI	225,59	230,4	6,645	0,99328	26,9	41,3	76,4	298

Данные табл. 2 говорят о том, что если радиус трубы известен, то достаточно определить горизонтальные проложения до верхнего и нижнего центров трубы и их дирекционные углы. Этого достаточно для вычисления сразу полного крена трубы и его ориентировку.

Для определения крена видимой части труб можно также применять предложенный нами [5] односторонний координатный метод. Его сущность поясняется схемой на рис. 2 и заключается в следующем. С помощью электронного тахеометра безотражательного типа определяют из произвольной точки Т в условной системе xTy прямоугольные координаты точек 1, 2, 3 верхнего сечения и 4, 5, 6 нижнего видимого сечения каждой трубы. С использованием правила Крамера сразу, в отличие от работы [1], вычисляют координаты верхнего x_B, y_B и нижнего x_H, y_H сечений трубы, по которым определяют величину крена и его направление. Причем, если количество точек равно 3, задача имеет единственное очевидное решение. Его удобно выполнять по разработанной нами в системе *Excel* программе, в которую достаточно ввести координаты трех точек и сразу получить координаты центра сечения и его радиус с контролем.

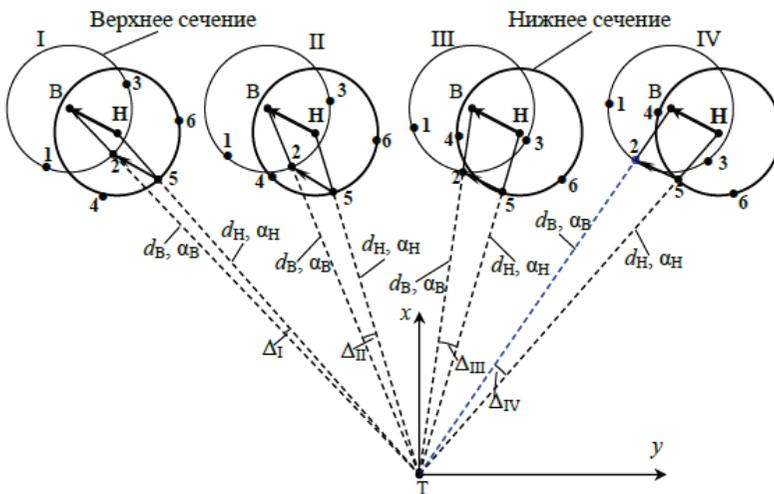


Рис. 2. Схема к определению крена видимой части труб

Для иллюстрации сказанного было выполнено знаковое моделирование, где в качестве модели фигурировала схема на рис. 2. В системе *Paint* были измерены координаты точки Т (56; 234 пкс) и координаты точек 1, 2, 3, 4, 5, 6 всех четырех труб. Результаты измерений приведены в табл. 3 (стб. 2–7).



Таблица 3

Результаты координатных измерений куста труб по 3 точкам (пкс)

Точки	Координата x			Координата y			$x_{В,Н}$	$y_{В,Н}$	R	Крен	$\alpha, ^\circ$
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Труба I											
1-2-3	212	219	254	42	77	84	241,7	54,2	32,2	28,2	297
4-5-6	200	206	234	69	100	110	229,1	79,4	30,9		
Труба II											
1-2-3	219	212	249	133	169	187	241,2	156,0	32,0	27,7	297
4-5-6	210	199	229	156	190	212	228,8	180,8	31,2		
Труба III											
1-2-3	234	210	227	230	256	288	240,7	260,2	31,0	26,4	296
4-5-6	229	198	207	252	277	307	229,2	284,0	32,0		
Труба IV											
1-2-3	249	215	217	330	344	382	242,1	361,6	32,4	26,8	296
4-5-6	238	205	198	355	365	392	230,4	385,7	31,9		

По измеренным координатам были вычислены $x_{В,Н}$, $y_{В,Н}$ и $x_{Н,Н}$, $y_{Н,Н}$ (стб. 8, 9) и радиусы R (стб. 10). Путем решения обратной геодезической задачи определялась величина крена НВ (стб. 11) и его дирекционный угол (стб. 12).

Что касается сварных металлических труб диаметром более 2 метров, то в своем сечении они могут отличаться от формы правильной окружности до нескольких сантиметров [1]. В этом случае в описанном выше одностороннем координатном способе количество наблюдаемых точек следует увеличить. В системе *MatLab*, при использовании функции *fminunc*, разработана программа подбора окружности оптимального радиуса R_{opt} и координат ее центра X_{opt} и Y_{opt} . Для геометрической интерпретации получаемых результатов используется *function* $[x, y] = circle(X, Y, R, n, draw)$ для вычисления координат точек, лежащих на окружности и рисования замкнутого вписанного многоугольника. Здесь X, Y, R координаты центра отдельной окружности, а n – число точек на этой окружности, которое в рассматриваемой программе было принято равным 50 для трансформации многоугольника в окружность.

Предлагаемая методика была опробована при определении пространственного положения дымовой трубы высотой 30 м и радиусами: поверху – 1,3 м, понизу – 2,0 м [4]. Проведенные эксперименты показывают, что хорошим приближением к идеалу дает метод «средних по тройкам». В этом случае перебирают все сочетания по 3 из имеющихся n точек. Для каждой i -й тройки вычисляют параметры окружности x_i , y_i и R_i , проходящей через эти три точки, а затем находят средние значения X_{mean} , Y_{mean} , R_{mean} по формулам:

$$X_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad Y_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad R_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}. \quad (2)$$

Ниже приводятся результаты определения на схеме (рис. 2) координат пяти точек 1, 2, 3, 4, 5 верхнего сечения и 6, 7, 8, 9, 10 нижнего сечения (на схеме не показаны) всех четырех труб (табл. 4).



Таблица 4

Результаты координатных измерений куста труб по 5 точкам (пкс)

Точки	Труба I		Труба II		Труба III		Труба IV	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Верхнее сечение								
1	212	42	219	133	234	230	249	330
2	210	64	210	149	219	238	233	330
3	219	77	212	169	210	256	215	344
4	238	87	233	185	214	276	211	368
5	254	84	249	187	227	288	217	382
Нижнее сечение								
6	200	69	210	156	229	252	238	355
7	200	89	198	174	208	261	238	354
8	206	100	199	190	198	277	205	365
9	219	110	211	207	199	293	238	378
10	234	110	229	212	207	307	198	392

На примере трубы № I показан порядок обработки 10 сочетаний из пяти точек по три (см. табл. 5, стб. 1), координаты которых представлены в столбцах 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Таблица 5

Результаты координатных измерений трубы № I по 5 точкам (пкс)

Точки	Координата x			Координата y			$x_{В,Н}$	$y_{В,Н}$	R
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Верхнее сечение									
1-2-3	212	210	219	42	64	77	236,4	55,3	27,8
1-2-4	212	210	238	42	64	87	240,3	55,7	31,4
1-2-5	212	210	254	42	64	84	240,3	55,7	31,5
1-3-4	212	219	238	42	77	87	243,3	54,0	33,5
1-3-5	212	219	254	42	77	84	241,8	54,2	32,2
1-4-5	212	238	254	42	87	84	240,4	55,6	31,5
2-3-4	210	219	238	64	77	87	246,0	48,7	39,2
2-3-5	210	219	254	64	77	84	242,4	51,2	34,8
2-4-5	210	238	254	64	87	84	240,4	55,6	31,5
3-4-5	219	238	254	77	87	84	240,9	58,4	28,8
						Среднее	241,2	54,4	32,2
Нижнее сечение									
6-7-8	200	200	206	69	89	100	231,4	79,0	33,0
6-7-9	200	200	219	69	89	110	232,2	79,0	33,7
6-7-10	200	200	234	69	89	110	229,7	79,0	31,3
6-8-9	200	206	219	69	100	110	232,7	78,8	34,1
6-8-10	200	206	234	69	100	110	231,5	79,0	33,1



Окончание табл. 5									
Точки	Координата x			Координата y			$x_{ВН}$	$y_{ВН}$	R
	2	3	4	5	6	7			
6-9-10	200	219	234	69	110	110	226,5	81,6	29,4
7-8-9	200	206	219	89	100	110	233,3	78,0	35,1
7-8-10	200	206	234	89	100	110	228,8	80,4	30,0
7-9-10	200	219	234	89	110	110	226,5	84,1	27,0
8-9-10	206	219	234	100	110	110	226,5	72,7	38,0
Среднее							229,9	79,2	32,5

По разработанной в системе *Excel* программе были подсчитаны координаты центров сечений и их радиусы (графы 8, 9, 10) для 10 различных сочетаний. По формулам (2) найдены средние значения $x_{В} = 241,2$ пкс, $y_{В} = 54,4$ пкс, $R_{В} = 32,2$ пкс и $x_{Н} = 229,9$ пкс, $y_{Н} = 79,2$ пкс, $R_{Н} = 32,5$ пкс и вычислен крен $27,3$ пкс и его дирекционный угол 295° , полностью соизмеримые с данными табл. 1, 2 и 3.

До сих пор речь шла об определении крена верхней видимой части трубы, который в дальнейшем необходимо экстраполировать на всю высоту сооружения, что может отрицательно сказаться на точности получаемых результатов. Для непосредственного определения крена всей трубы предлагается использовать описанные выше односторонние методы в два этапа.

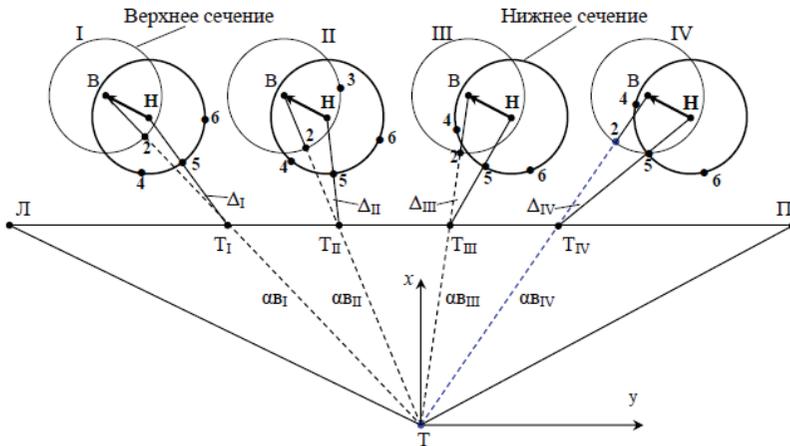


Рис. 3. Схема к выполнению двухэтапного способа определения крена

Первый этап заключается в выполнении наблюдений с точки Т верхнего сечения каждой трубы одним из описанных выше методов. Для выполнения второго этапа необходимо на каждой линии ТВ отметить точки $T_{I,II,III,IV}$ (рис. 3), из которых видны нижние части труб. Такую операцию можно выполнить путем выставления этих створных точек, например, через оконные проемы здания. При отсутствии видимости между точками Т и $T_{I,II,III,IV}$ следует составить и вычислить замкнутый проектный полигон Т-Л- T_I - T_{II} - T_{III} - T_{IV} -П-Т произвольной формы, причем точки $T_{I,II,III,IV}$ могут не лежать на одной линии ЛП. В таком полигоне сумма внутренних углов должна равняться $180^\circ(n - 2)$, а сумма приращений координат должна равняться нулю. Построение на местности этого полигона осуществляется по его углам и длинам сторон.



Использование створных точек $T_{I,II,III,IV}$ осуществляется следующим образом. Установив, например, в точке T_I тахеометр, измеряют (или вычисляют по координатам) горизонтальное проложение T_I -Т. Измеряют также горизонтальное проложение T_I -5 и горизонтальный угол $\angle TT_I5$ (или $\angle LT_I5$), визируя на середину нижнего сечения. Вычисляют горизонтальное проложение T_I -Н = T_I -5 + R и его дирекционный угол $\alpha_{HI} = \alpha_{BI} + \angle TT_IH - 180^\circ$ (или $\alpha_{HI} = \alpha_{T_I-л} + \angle LT_I5$). По этим данным находят координаты центра нижнего сечения: $x_{HI} = x_{TI} + (T_I - H)\cos\alpha_{HI}$, $y_{HI} = y_{TI} + (T_I - H)\sin\alpha_{HI}$. По координатам верхнего и нижнего сечения вычисляют крен и его направление. Аналогичные измерения выполняют с других створных точек.

Таблица 6

**Результаты двухэтапного способа определения крена труб (пкс)
полярным методом**

Центры	R	Т-2, Т-5	α_B, α_H , градус	Координата		Крен НВ	α , градус
				$x_{B,H}$	$y_{B,H}$		
1	2	3	4	5	6	7	8
Труба I							
В	32,00	224,90	316,081	242,4	64,5	26,3	299
Н	32,50	45,00	323,130	229,8	87,6		
Труба II							
В	32,00	168,08	337,249	241,5	165,6	26,8	295
Н	32,25	30,15	354,289	230,1	189,8		
Труба III							
В	32,25	154,43	7,815	241,7	268,4	26,9	296
Н	32,25	38,95	29,197	229,9	292,6		
Труба IV							
В	32,25	191,95	34,601	241,8	370,5	26,5	295
Н	32,00	65,30	49,970	230,6	394,5		

В табл. 6 представлены результаты моделирования полярного метода определения координат центров и крена труб с использованием схемы на рис. 3. Для этого в системе *Paint* были измерены координаты точек Т и $T_{I,II,III,IV}$, уточнены радиусы верхних и нижних сечений (см. табл. 6, стб. 2), найдены расстояния Т-2, Т_{*i*}-5 до каждой трубы (стб. 3) и их дирекционные углы α_B и α_H (стб. 4). По этим данным были вычислены координаты центров труб $x_{B,H}$ и $y_{B,H}$ (стб. 5, 6), по которым находили крен НВ каждой трубы (стб. 7) и его ориентирование (стб. 8). Они, как и следовало ожидать, по условиям моделирования оказались практически одинаковыми.

В двухэтапном способе для использования теоремы косинусов рассмотрим треугольники T_iBH , из которых следует, что

$$(HB)^2 = (T_i - B)^2 + (T_i - H)^2 - 2(T_i - B)(T_i - H)\cos\Delta_i,$$

где угол Δ_i равен отклонению измеренного угла $\angle TT_iH$ от 180° . Обратим внимание, что отрезок $T_i - B = T_i - 2 + R$, где $T_i - 2 = T - 2 - T_i - T$, а дирекционный угол крена вычисляют по приведенной выше методике. Результаты моделирования этого способа в системе *Paint* приведены в табл. 7, которые практически совпадают с данными табл. 6.



Таблица 7

Результаты двухэтапного способа определения крена по теореме косинусов

Номер трубы	$d_{В, пкс}$	$d_{Н, пкс}$	$\Delta, ^\circ$	$\cos\Delta$	НВ, пкс	$\alpha_{Н, ^\circ}$	$\angle ВНТ, ^\circ$	$\alpha_{ВН, ^\circ}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	101,85	77,25	7,049	0,99244	26,9	323,1	152,3	295
II	79,54	62,40	17,040	0,95610	27,0	354,3	120,4	295
III	74,43	70,95	21,382	0,93117	27,2	29,2	86,5	296
IV	89,36	97,30	15,369	0,96424	26,2	50,0	64,8	295

Результаты моделирования двухэтапного координатного способа, где в качестве модели фигурировала схема на рис. 3, представлены в табл. 8. В системе *Paint* были измерены координаты точек 1, 2, 3, 4, 5, 6 всех четырех труб (см. табл. 8, стб. 2–7).

Таблица 8

Результаты определения крена двухэтапным координатным методом по 3 точкам (пкс)

Точки	Координата x			Координата y			$x_{В,Н}$	$y_{В,Н}$	R	Крен	$\alpha, ^\circ$
	2	3	4	5	6	7					
Труба I											
1-2-3	211	219	255	55	87	94	242,1	64,2	32,4	27,0	297
4-5-6	198	204	231	85	107	120	229,7	88,2	31,9		
Труба II											
1-2-3	215	212	245	148	178	197	241,0	165,8	31,5	27,9	296
4-5-6	207	198	219	169	193	220	228,7	190,8	30,8		
Труба III											
1-2-3	236	210	218	237	264	291	242,3	269,1	32,7	26,4	295
4-5-6	219	202	200	262	277	304	231,0	292,9	31,8		
Труба IV											
1-2-3	243	215	215	338	352	388	242,8	371,0	33,1	27,4	295
4-5-6	233	210	199	362	370	402	229,5	395,9	33,4		

По измеренным координатам были вычислены $x_{В, УВ}$ и $x_{Н, УН}$ (стб. 8, 9) и радиусы R (стб. 10). Путем решения обратной геодезической задачи определялась величина крена НВ (стб. 11) и его дирекционный угол (стб. 12).

В табл. 9 скомпонованы результаты моделирования одноэтапного и двухэтапного способов определения крена и его ориентирования.



Таблица 9

Сводная таблица результатов определения крена (пкс) и его ориентирования

Метод	Труба I		Труба II		Труба III		Труба IV	
	Крен	$\alpha, ^\circ$	Крен	$\alpha, ^\circ$	Крен	$\alpha, ^\circ$	Крен	$\alpha, ^\circ$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Одноэтапный способ								
Полярный	26,3	297	26,5	296	28,8	297	26,9	298
Косинусный	26,3	297	26,5	296	28,9	297	26,9	298
Координатный	28,2	297	27,7	297	26,4	296	26,8	296
Среднее	26,9	297,0	26,9	296,3	28,0	296,7	26,9	297,3
Двухэтапный способ								
Полярный	26,3	299	26,8	295	26,9	296	26,5	295
Косинусный	26,9	295	27,0	295	27,2	296	26,2	295
Координатный	27,0	297	27,9	296	26,4	295	27,4	295
Среднее	26,7	297,0	27,2	295,3	26,8	295,7	26,7	295,0

Как следует из табл. 9, описанные способы дают практически одинаковые значения крена и его ориентирования. Расхождения составляют 1-2 пкс, что соответствует точности отсчетов по курсору в системе *Paint*.

Полученные результаты исследований подтверждают состоятельность односторонних способов определения крена куста промышленных металлических труб в сложных для геодезических измерений условиях промышленных площадок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никонов, А. В. Современные способы определения кренов промышленных дымовых труб / А. В. Никонов, В. Г. Никонов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – Москва, 2015. – № 4. – С. 13–21.

2. Уставич, Г. А. Определение крена сооружений башенного типа GPS-приемниками и тахеометрами / Г. А. Уставич. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – Москва, 2003. – № 9. – С. 15–18.

3. Валиева, А. Р. Обоснование применения лазерного сканирования в оценке деформаций высотных конструкций / А. Р. Валиева. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – Москва, 2016. – № 4. – С. 60–64.

4. Шеховцов, Г. А. Контроль пространственного положения и формы высоких сооружений башенного типа: монография / Г. А. Шеховцов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2018. – 214 с. – ISBN 978-5-528-00265-1. – Текст : непосредственный.

5. Шеховцов, Г. А. Теоретические основы одностороннего координатного способа определения крена сооружений башенного типа / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – Москва, 2012. – № 5. – С. 30–31.

SHEKHOVTSOV Gennady Anatolevich, doctor of technical sciences, professor of the chair of geoinformatics, geodesy and cadastre

THEORETICAL FOUNDATIONS AND RESULTS OF SIMULATION OF ONE-SIDED METHODS FOR DETERMINING THE ROLL OF A CLUSTER OF INDUSTRIAL METAL CHIMNEYS



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 434-05-26;
e-mail: kochetova@nngasu.ru

Key words: roll, coordinates, section, one-sided and two-stage method, pixel, cosine theorem.

The article discusses the theoretical foundations for determining the roll of a cluster of industrial chimneys by one-sided and one-sided two-stage methods. Their essence lies in the simultaneous determination of the roll of each chimney of the cluster and its direction from one or two leading points of the electronic total station. Methods of using for this purpose the rectangular coordinates, the cosine theorems, and a design site are shown, as well as the sign modeling is performed, the results of which confirm the consistency of the proposed options in the conditions of industrial sites that are difficult to be performed for geodetic measurements.

REFERENCES

1. Nikonov A. V., Nikonov V. G. Sovremennye sposoby opredeleniya krenov promyshlennykh dymovykh trub [Modern methods for determining the rolls of industrial chimneys] // Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]. – Moscow. – 2015. – № 4. – P. 13–21.
2. Ustavich G. A. Opredelenie krena sooruzheniy bashennogo tipa GPS-priyomnikami i takheometrami [Determination of the inclination of tower-type structures with GPS receivers and tachometers] // Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]. – Moscow. – 2003. – № 9. – P. 15–18.
3. Valieva A. R. Obosnovanie primeneniya lazernogo skanirovaniya v otsenke deformatsiy vysotnykh konstruksiy [Justification of the use of laser scanning in the assessment of deformations of high-rise structures] // Izvestiya vuzov. «Geodeziya i aerofotosyomka» [Izvestiya Vuzov “Geodesy and aerophotosurveying”]. – Moscow. – 2016. – № 4. – P. 60–64.
4. Shekhovtsov G. A. Kontrol prostranstvennogo polozheniya i formy vysokikh sooruzheniy bashennogo tipa [Control of the spatial position and shape of tower-type structures]: monografiya // Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2018, 214 p. ISBN 978-5-528-00265-1.
5. Shekhovtsov G. A., Shekhovtsova R. P. Teoreticheskie osnovy odnostoronnego koordinatnogo sposoba opredeleniya krena sooruzheniy bashennogo tipa [Theoretical foundations of the one-sided coordinate method for determining the roll of tower-type structures] // Izvestiya vuzov. «Geodeziya i aerofotosyomka» [Izvestiya Vuzov “Geodesy and aerophotosurveying”]. Moscow, 2012. – № 5. – P. 30–31.

© Г. А. Шеховцов, 2021

Получено: 27.03.2021 г.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.7

М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой отопления и вентиляции;
А. А. СМЫКОВ, асс. кафедры отопления и вентиляции; **А. Ф. ЮЛАНОВА**,
аспирант кафедры отопления и вентиляции; **А. Е. РУИН**, магистрант кафе-
дры отопления и вентиляции

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-85;
эл. почта: tes84@mail.ru

Ключевые слова: отопление, лучистое отопление, водяное отопление, инфракрасное излу-
чение, излучатель, энергоэффективность, энергосбережение, экономическое обоснование,
утеплитель, климатология.

*Проведен системный анализ определения теплотехнических характеристик тепло-
вого контура здания, экономически обоснованной толщины утеплителя на основе расчета
срока окупаемости капитальных вложений.*

Помещения производственного назначения занимают порядка 25 % в струк-
туре потребления тепловой энергии в России [1]. Такое соотношение справедливо
и для остального мира. Из этого факта следует, что вопрос энергоэффективного
отопления производственных помещений стоит особенно остро: повышение энер-
гоэффективности систем обеспечения параметров микроклимата данных помеще-
ний позволяет снизить издержки, а, значит, увеличить чистую прибыль предпри-
ятий. Применение лучистого отопления является одним из наиболее эффективных
способов снижения потребления тепловой энергии помещением без ущерба ком-
форта людей, находящихся в нем [2–4].

Однако применение энергоэффективных активных систем обеспечения пара-
метров микроклимата помещений является не единственным путем повышения
общей энергоэффективности, немаловажную роль здесь играет правильный выбор
пассивных систем обеспечения параметров микроклимата.

При рассмотрении вопросов исполнения теплозащитных мероприятий необ-
ходимо учитывать не только климатические особенности каждого региона, но и
экономические, такие как стоимость тепловой энергии $C_{\text{тепл}}$, руб./Гкал и стоимость
теплоизоляционного материала $C_{\text{ут}}$, руб.

Для подробного исследования методов обоснования энергоэффективности
активных систем обеспечения параметров микроклимата производственных по-
мещений на базе водяных инфракрасных излучателей был проведен системный
анализ определения теплотехнических характеристик наружных ограждающих
конструкций на примере склада сухого хранения с административно-бытовой
частью ООО «Флайг+Хоммель» в г. Заволжье Нижегородской области. Система
отопления данного здания выполнена на базе водяных инфракрасных излучателей
марок *Helios 750* и *Flower 125* и сконструирована на основании методик, разрабо-

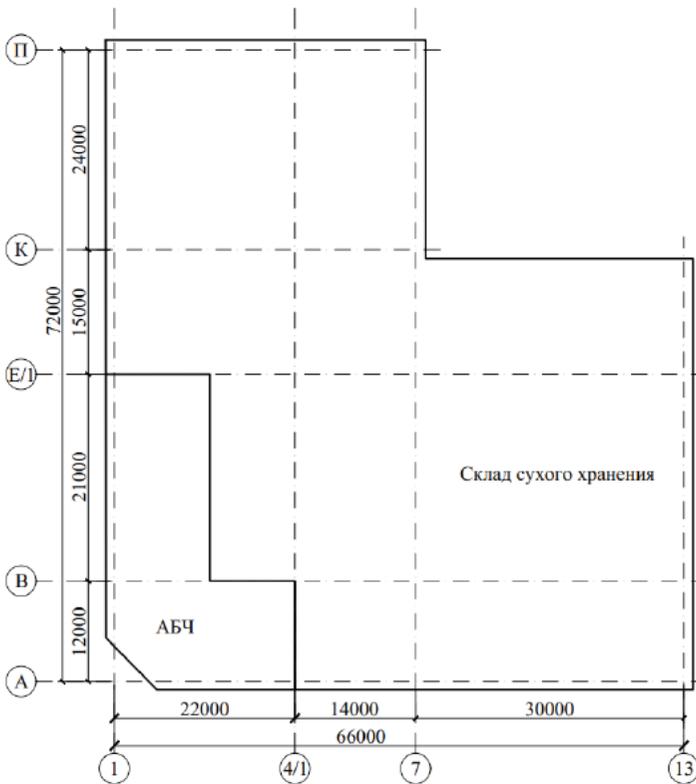


танных коллективом авторов. План вновь возведенного здания приведен на рисунке, общий вид – на рис. 1 цв. вклейки.

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания в целом R_0^{np} , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, без учета теплотехнических неоднородностей, сводится к определению условного сопротивления теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания i -го вида R_0^{ycl} , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, которое рассчитывается по формуле [5]:

$$R_0^{ycl} = \frac{1}{\alpha_b} + \Sigma R_s + \frac{1}{\alpha_n}, \quad m^2 \cdot ^\circ C / Вт, \quad (1)$$

где R_s – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$; α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $Вт / (m^2 \cdot ^\circ C)$; α_b – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $Вт / (m^2 \cdot ^\circ C)$ [5].



План вновь возведенного здания склада сухого хранения с административно-бытовой частью ООО «Флайг+Хоммель» в г. Заволжье Нижегородской обл.

Удельная теплозащитная характеристика здания $k_{об}$, $Вт / (m^3 \cdot ^\circ C)$, равна:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \Sigma \left(n_{t,i} \cdot \frac{A_{\Phi,i}}{R_{0,i}^{np}} \right) = K_{общ} K_{комп}, \quad Вт / (m^3 \cdot ^\circ C), \quad (2)$$

где $R_{0,i}^{np}$ – приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$; $A_{\Phi,i}$ – площадь соответствующего фрагмента



теплозащитной оболочки здания, м^2 ; $V_{\text{от}}$ – отапливаемый объем здания, м^3 ; $n_{t,i}$ – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП; $K_{\text{общ}}$ – общий коэффициент теплопередачи здания, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, определяемый по формуле:

$$K_{\text{общ}} = \frac{1}{A_{\text{н}}^{\text{сум}}} \sum n_{t,i} \left(\frac{A_{\text{ф},i}}{R_{\text{о},i}^{\text{нр}}} \right), \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}), \quad (3)$$

$K_{\text{комп}}$ – коэффициент компактности здания, м^{-1} , равный:

$$K_{\text{комп}} = \frac{1}{A_{\text{н}}^{\text{сум}}} \sum n_{t,i} \left(\frac{A_{\text{н}}^{\text{сум}}}{V_{\text{от}}} \right), \text{м}^{-1}, \quad (4)$$

где $A_{\text{н}}^{\text{сум}}$ – сумма площадей (по внутреннему обмеру) всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м^2 .

Общие теплотери здания за отопительный период $Q_{\text{общ}}^{\text{год}}$, $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$, следует определять по формуле

$$Q_{\text{общ}}^{\text{год}} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} V_{\text{от}} k_{\text{об}}, \text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}. \quad (5)$$

Экономия денежных средств, которая достигается за счет разности потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции при различных вариантах толщины утепляющего слоя с учетом климатических и тарифных условий, определяется по формуле

$$\Delta = 0,86 \cdot C_{\text{тепл}} \Delta Q_{\text{тп}}^{\text{р}}, \text{руб.}/\text{год}, \quad (6)$$

где $C_{\text{тепл}}$ – действующий тариф на тепловую энергию, $\text{руб.}/\text{Гкал}$.

Бездисконтный срок окупаемости $T_{\text{ок}}$, лет, рассчитывается по формуле

$$T_0 = \frac{\Sigma K}{\Delta \Delta}, \text{лет}, \quad (7)$$

где ΣK – капитальные затраты складываются из стоимости теплоизоляционного материала и затрат на монтажные работы, определяемые по формуле

$$\Sigma K = C_{\text{ут}} V_{\text{ут}} + C_{\text{раб}} V_{\text{раб}}, \text{руб.} \quad (8)$$

Стоимость работ для региона принимаем по территориальным единичным расценкам на строительные работы. Стоимость утеплителя принимаем по средним расценкам по региону. Стоимость тепловой энергии принимаем по тарифу на текущий период в соответствующем регионе.

Прогнозируемый срок окупаемости инвестиций в утепление стен здания суда, который необходимо рассчитывать с учетом нормы дисконта p , %, принимаемой в размере не менее действующей ключевой ставки Центрального банка Российской Федерации, определяется по формуле

$$T_{\text{ок}} = \frac{-\ln(1 - p T_0 / 100)}{\ln(1 + p / 100)}, \text{лет}. \quad (9)$$

Максимальный дисконтированный срок окупаемости мероприятий по утеплению устанавливается по согласованию с собственником строения $T_{\text{уст}}$, лет, но не более 15 лет.

Экономия денежных средств за установленный период с учетом вычета срока окупаемости определяется по формуле

$$\Delta_{\text{уст}} = \Delta \Delta (T_{\text{уст}} - T_{\text{ок}}), \text{руб.} \quad (10)$$

В качестве примера расчета экономической эффективности утепления контора здания было принято здание склада сухого хранения с административно-бытовой частью ООО «Флайт+Хоммель» в г. Заволжье, размеры здания в плане –

**К СТАТЬЕ М. В. БОДРОВА, А. А. СМЫКОВА, А. Ф. ЮЛАНОВОЙ,
А. Е. РУИНА «ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ПАССИВНЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ»**

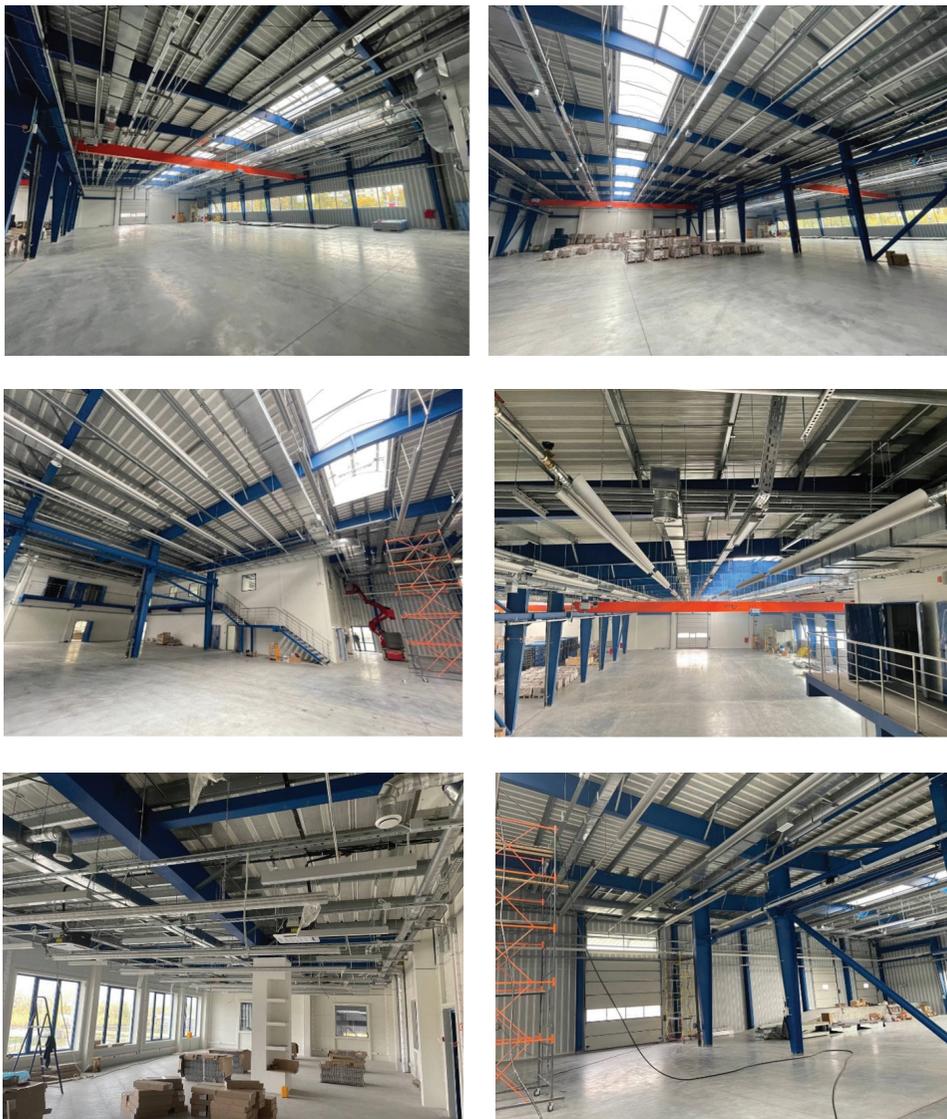


Рис. 1. Общий вид вновь возведенного здания склада сухого хранения с административно-бытовой частью ООО «Флайг+Хоммель» в г. Заволжье Нижегородской области

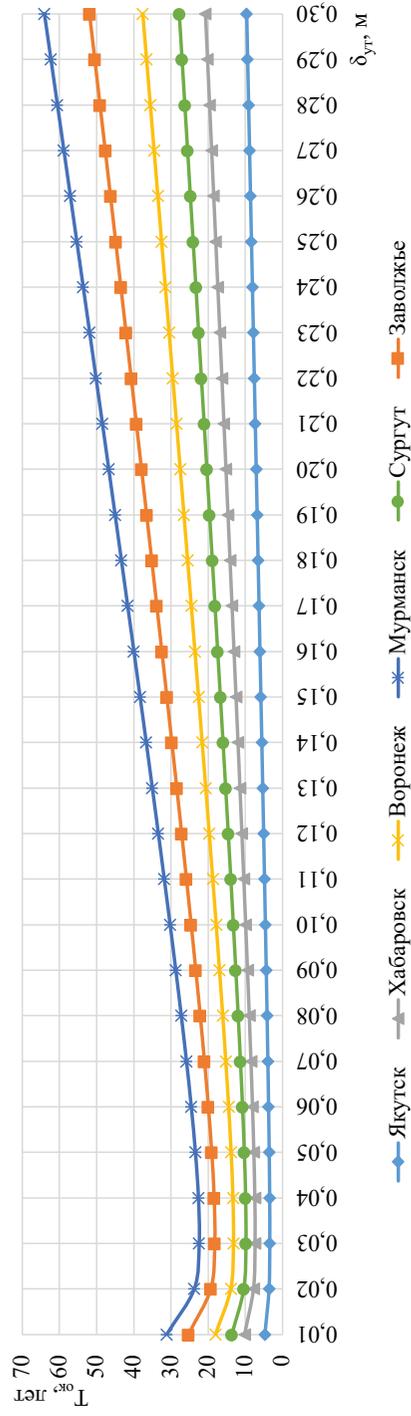


Рис. 2. Зависимость прогнозируемого срока окупаемости от толщины утепляющего слоя



Рис. 3. Зависимость экономии денежных средств на оплату тепловой энергии от толщины утепляющего слоя (для г. Заволжье)



72 × 66 м. Здание имеет отопляемый объем $V_{от} = 36\,288\text{ м}^3$; площадь стен $A_{ф\text{стен}} = 2\,484\text{ м}^2$; площадь покрытия $A_{ф\text{пок}} = 4\,032\text{ м}^2$; площадь пола $A_{ф\text{пол}} = 4\,032\text{ м}^2$; площадь светопрозрачных ограждающих конструкций $A_{ф\text{ветропроз}} = 556\text{ м}^2$.

Проведем расчет по данной схеме для шести городов при изменении толщины утеплителя с 0,01 до 0,3 м с шагом 0,01 м, принимаем утеплитель с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,04\text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$.

Расчет удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$ проведен по формуле (2). Расчет срока окупаемости капитальных вложений на утепление при различных вариантах толщины утепляющего слоя определяется по зависимости (9). Расчет произведен для различных районов строительства (г. Заволжье, г. Хабаровск, г. Орск Оренбургской области, г. Красноярск, г. Сургут, г. Якутск) [6].

Исходные данные для расчета срока окупаемости

Район строительства	$t_v, ^\circ\text{C}$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_{оп}, ^\circ\text{C}$	$Z_{оп}$, сут.	ГСОП	$C_{тепл}^{\text{тепл}}$, руб./Гкал	$C_{ут}$, руб.	p , %
г. Заволжье	16	-30	-3,6	209	4096	1467,30	8000	6,75
г. Хабаровск	16	-29	-9,5	204	5202	2853,85	8000	6,75
г. Орск	16	-31	-7,0	205	4715	1740,00	8000	6,75
г. Красноярск	16	-37	-6,6	234	5288	923,39	8000	6,75
г. Сургут	16	-42	-9,3	254	6426	1734,72	8000	6,75
г. Якутск	16	-52	-20,6	252	9223	3443,75	8000	6,75

График зависимости сроков окупаемости от толщины дополнительного слоя теплоизоляции ограждения для выбранных городов представлен на рис. 2 цв. вклейки. График зависимости экономии денежных средств на оплату тепловой энергии от толщины утепляющего слоя (для г. Заволжье) представлен на рис. 3 цв. вклейки.

На основе анализа полученных графиков можно сделать вывод, что с учетом экономических параметров в большинстве случаев величина экономически обоснованного слоя утеплителя меньше толщины утепления по нормативной методике, что приводит к необоснованным затратам. Доказана необходимость проводить выбор экономически обоснованной толщины утеплителя по результатам оценки экономической целесообразности с учетом климатических и экономических особенностей региона строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башмаков, И. А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения в России и за рубежом / И. А. Башмаков. – Текст : непосредственный // Новости теплоснабжения. – 2008. – № 2 (90).
2. Бодров, В. И. Температурный режим наружных ограждений помещений с системами отопления на базе газовых инфракрасных излучателей / В. И. Бодров, Л. Ю. Михайлова, А. А. Смыков. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2015. – № 2 (34). – С. 58–64.
3. Бодров, В. И. Исследование систем лучистого отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей / В. И. Бодров, М. В. Бодров, А. А. Смыков. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 3 (51). – С. 52–57.



4. Определение экономического преимущества использования лучистых систем отопления на базе водяных инфракрасных излучателей / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов, А. А. Смыков. – Текст : непосредственный // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции : сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ. – Москва, 2020. – С. 14–19.

5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий : актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 : дата введения 2012 / Минрегион России. – Изд. офиц. – Москва : Стандартинформ, 2012. – IV, 78 с. : ил. – (Свод правил). – Текст : непосредственный.

6. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : актуализированная редакция СНиП 23-01-99* : дата введения 2021-06-25. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358>. – Текст : электронный.

BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of heating and ventilation; SMYKOV Aleksandr Anatolevich, assistant of the chair of heating and ventilation; YULANOVA Alina Fanilevna, postgraduate student of the chair of heating and ventilation; RUIN Aleksey Evgeyevich, undergraduate student of the chair of heating and ventilation

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF PASSIVE SYSTEMS PROVIDING MICROCLIMATE PARAMETERS IN INDUSTRIAL SPACES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-85; e-mail: tes84@mail.ru

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

The article presents a system analysis of the methods of determining thermal characteristics of the thermal circuit of the building, the economically justified thickness of heat insulation based on the calculation of the capital investments payback period.

REFERENCES

1. Bashmakov I. A. Analiz osnovnykh tendentsiy razvitiya sistem teplosnabzheniya v Rossii i za rubezhom [Analysis of the main trends in the development of heat supply systems in Russia and abroad] // *Novosti teplosnabzheniya* [News of heat supply], 2008. № 2 (90).

2. Bodrov V. I., Mikhaylova L. Yu., Smykov A. A. Temperaturny rezhim naruzhnykh ograzhdeniy pomescheniy s sistemami otopeniya na baze gazovykh infrakrasnykh izluchateley [Temperature condition of external walls of the rooms heated by gas infrared radiators] // *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2015. № 2 (34). P. 58–64.

3. Bodrov V. I., Bodrov M. V., Smykov A. A. Issledovanie sistem luchistogo otopeniya na baze nizkotemperaturnykh infrakrasnykh izluchateley [Study of radiant heating systems based on low-temperature infrared radiators] // *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2019. № 3 (51). P. 52–57.

4. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Morozov M. S., Smykov A. A. Opredelenie ekonomicheskogo preimuschestva ispolzovaniya luchistykh sistem otopeniya na baze vodyanykh infrakrasnykh izluchateley [Determination of the economic advantage of using radiant heating systems based on water infrared emitters] // *Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii* [Theoretical foundations of heat and gas supply and ventilation]. *Sbornik докладов VIII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyaschyonnoy stoletiyu MISI-MGSU*. Moscow, 2020. P. 14–19.



5. SP 50.13330.2012 Teplovaya zaschita zdaniy [Thermal protection of buildings] : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003: data vved. 2012 / Minregion Rossii. – Izd. ofits. – Moscow : Standartinform, 2012. – IV, 78 p. : il. – (Svod pravil).

6. SP 131.13330.2020 Stroitel'naya klimatologiya [Construction climatology]: aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-01-99* : data vved. 2021-06-25. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358>.

© М. В. Бодров, А. А. Смыков, А. Ф. Юланова, А. Е. Руин, 2021

Получено: 08.10.2021 г.

УДК 697.1:69.03

М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой отопления и вентиляции;
В. Ю. КУЗИН, канд. техн. наук, доц. кафедры отопления и вентиляции;
А. Ф. ЮЛАНОВА, аспирант кафедры отопления и вентиляции;
Е. М. ПРЫТКОВА, магистрант

О ПОЛЕЗНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ СИСТЕМАМИ ОТОПЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

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

Ключевые слова: автоматизация, бытовые тепловыделения, многоквартирные жилые дома, отопление, солнечная радиация, тепловой баланс.

Рассмотрена динамика изменения теплопотерь через наружные ограждающие конструкции и на нагрев вентиляционного воздуха, а также бытовых и биологических тепловыделений и поступлений солнечной радиации в жилых помещениях современных многоквартирных домов за отопительный период. Определен максимальный полезный эффект от применения средств автоматического регулирования отпуска теплоты в их системах отопления для климатических условий г. Н. Новгорода.

Изучению влияния бытовых и биологических тепловыделений, а также поступлений теплоты солнечной радиации на тепловой баланс отапливаемых помещений гражданских зданий, в том числе возможности их полезного использования за счет применения специальных средств автоматического регулирования современных систем отопления, посвящено значительное число научно-технических исследований [1–5].

Согласно действующим правилам проектирования систем отопления при применении их пофасадного регулирования, а также установки на обвязке отопительных приборов радиаторных терморегуляторов, может быть полезно использовано до 95 % всех теплоступлений [6].

Для оценки эффективности данных энергосберегающих мероприятий авторами был проведен анализ изменения теплопотерь/избытков за отопительный период ΔQ , Вт, жилой комнаты среднего этажа многоквартирного дома, расположенного в климатических условиях г. Н. Новгорода.

Рассматриваемое помещение имеет одну наружную стену 3,5×3 м, в которой



располагается оконный проем площадью 2,25 м². Ограждения имеют приведенные сопротивления теплопередаче $R_{пр}$, м²·°C/Вт, соответствующие действующим требованиям тепловой защиты современных жилых зданий нового строительства: стена – $R_{пр} = 1,97$ м²·°C/Вт (с учетом понижающего коэффициента $m_p = 0,63$ [7]); окно – $R_{пр} = 0,68$ м²·°C/Вт.

Значения теплопотерь/избытков в обслуживаемом помещении ΔQ , Вт, в каждый момент проведения метеорологических измерений рассчитывались для двух типов систем вентиляции здания по формулам:

– для систем естественной вентиляции

$$\Delta Q = Q_{ср} + Q_{чел} + Q_{осв} - Q_{огр} - Q_{вент}; \quad (1)$$

– для систем механической приточно-вытяжной вентиляции

$$\Delta Q = Q_{ср} + Q_{чел} + Q_{осв} - Q_{огр}, \quad (2)$$

где $Q_{ср}$, $Q_{чел}$, $Q_{осв}$ – поступления теплоты солнечной радиации от людей и системы освещения, Вт; $Q_{огр}$, $Q_{вент}$ – потери теплоты через наружные ограждения и на нагрев вентиляционного воздуха, Вт.

Неорганизованной инфильтрацией и эксфильтрацией при этом пренебрегали ввиду их незначительности, вызванной высоким сопротивлением воздухопроницанию наружных и внутренних ограждающих конструкций.

Потери теплоты через наружные ограждения $Q_{огр}$, Вт, составляли

$$Q_{огр} = \frac{A}{R_{пр}} \Sigma (t_b - t_n) n (1 + \Sigma \beta), \quad (3)$$

где A – площадь соответствующего типа ограждения, м²; t_b – расчетная температура внутреннего воздуха, °C; t_n – фактическая температура наружного воздуха, измеренная на метеостанции, °C [8]; n – коэффициент, учитывающий положение наружной ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, $n = 1$; $\Sigma \beta$ – сумма добавочных коэффициентов, зависящая от ориентации ограждения по сторонам света и наличия наружных углов.

Потери теплоты на нагрев вентиляционного воздуха $Q_{вент}$, Вт, равны

$$Q_{вент} = 0,278 L_{вент} c p (t_b - t_n), \quad (4)$$

где $L_{вент}$ – расчетный расход вентиляционного воздуха, м³/ч, принимается по норме 3 м³/ч на 1 м² площади пола; c – удельная теплоемкость приточного воздуха, кДж/кг·°C; p – плотность приточного воздуха, кг/м³.

При расчете $Q_{осв}$, Вт, принималось, что внутреннее освещение комнаты работает только в вечерние и утренние часы, а днем и ночью осветительные приборы выключены. Осветительные приборы оборудованы современными лампами, удельные тепловыделения которых равны 0,05 Вт/лк·м².

Теплопоступления от людей $Q_{чел}$, Вт, учитывались только в утренние, вечерние и ночные часы, в предположении, что днем жильцы отсутствуют.

Определение $Q_{ср}$, Вт, велось при средних условиях облачности в соответствии с указаниями специальной литературы [9–11].

В результате были получены зависимости ΔQ от момента фиксации фактических метеорологических параметров для рассматриваемого помещения в климатических условиях г. Н. Новгорода за период измерений с 1 октября 2020 г. по 30 апреля 2021 г. (отопительный период). Расчет проведен при базовых ориентациях наружных ограждений жилой комнаты по сторонам света: С (север), СВ (северо-восток), В (восток), ЮВ (юго-восток), Ю (юг), ЮЗ (юго-запад), З (запад) и СЗ (северо-запад).

Пример проведенных расчетов для октября 2020 г. представлен на рис. 1, где



рассмотрено четыре варианта ориентации наружных ограждающих конструкций по сторонам света: С, Ю, З и В.

В жилой комнате, оборудованной механической вентиляцией, теплопоступления будут превышать потери в большую часть октября, при естественной вентиляции – дисбаланс станет преимущественно отрицательным.

Результаты аналогичных расчетов в рассматриваемом помещении, имеющим ограждающие конструкции, обращенные на юг, для характерных месяцев отопительного периода приведены на рис. 2.

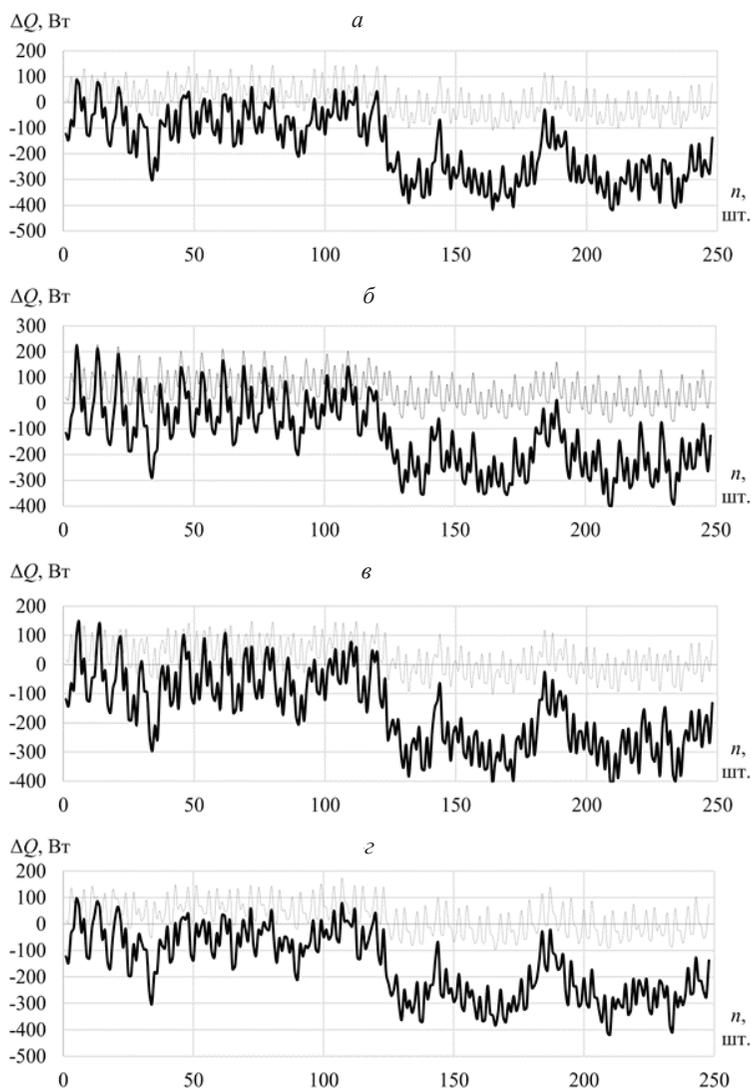


Рис. 1. Изменение теплопотерь/избытков ΔQ жилой комнаты в октябре, ориентированной на (тонкой линией – механическая вентиляция; утолщенной – естественная вентиляция): а – север; б – юг; в – запад; г – восток

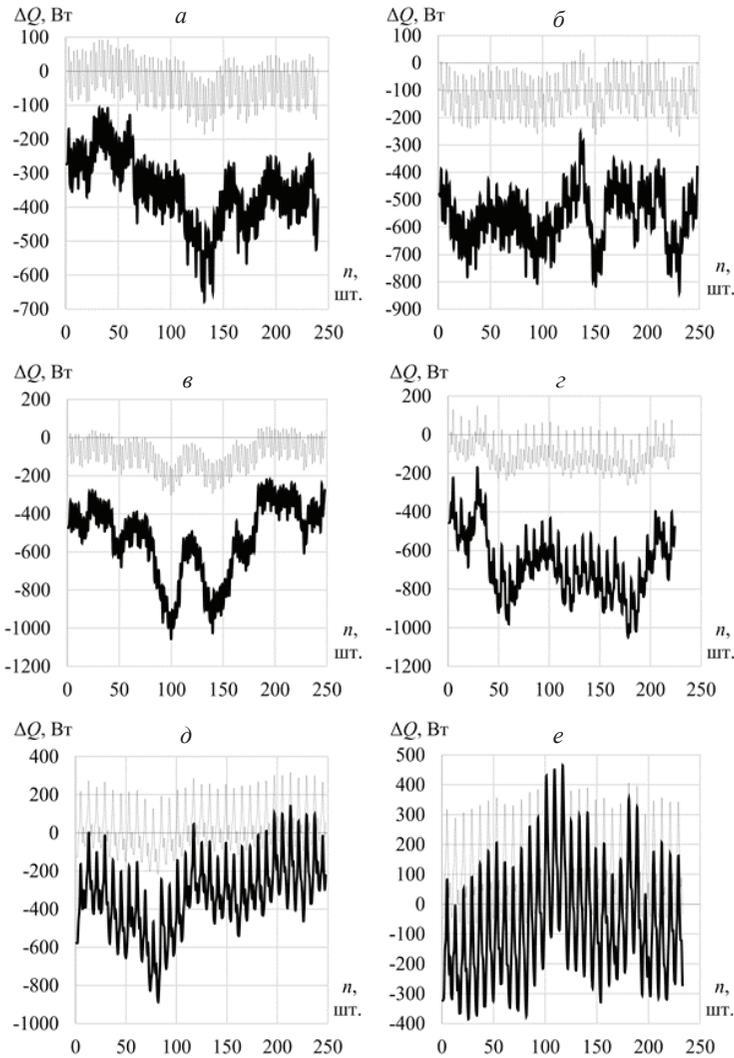


Рис. 2. Изменение теплотерь/избытков ΔQ жилой комнаты, ориентированной на юг (тонкой линией – механическая вентиляция; утолщенной – естественная вентиляция) в: а – ноябре; б – декабре; в – январе; г – феврале; д – марте; е – апреле

Сентябрь в расчетах не учитывался по причине того, что начало отопительного периода в г. Н. Новгороде приходится, как правило, на вторую половину последней недели данного месяца (не более 3-5 дней).

Полученные данные иллюстрируют, что даже для помещения с ограждениями южной ориентации в ноябре, декабре, январе и феврале дисбаланс будет почти всегда отрицательным независимо от типа системы вентиляции. Положительный дисбаланс наблюдается значительно чаще в марте и еще более – в апреле, что характерно выражено при вариантах расчета с механическими системами вентиляции.

В результате вычислений также были определены процентные соотношения N , %, между среднемесячными значениями теплоступлений, которые могут



быть полезно использованы для снижения теплопотребления системой отопления $Q_{\text{пол}}$, Вт, и средними за месяц теплопотерями рассматриваемого помещения $Q_{\text{пот}}$, Вт, для каждой ориентации (в таблице), а их осредненные за отопительный период значения (рис. 3) равны

$$N = 100 \frac{\sum Q_{\text{пол}}}{\sum Q_{\text{пот}}} \quad (5)$$

**Среднемесячные значения N , %, в зависимости от ориентации
и расчетного месяца для помещения жилого дома**

Ориентация	Месяц						
	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
<i>При использовании систем механической вентиляции</i>							
С	79,1	53,6	34,2	41,6	39,7	68,5	90,3
СЗ	79,6	53,6	34,2	41,6	39,9	70,0	90,4
З	85,2	56,9	36,3	44,2	45,1	75,6	91,4
ЮЗ	87,9	64,3	40,4	50,3	53,9	78,3	92,4
Ю	92,4	66,7	41,6	52,1	56,5	81,0	92,4
ЮВ	88,4	62,3	38,6	48,3	51,6	76,6	91,4
В	85,1	55,2	34,7	42,5	43,0	73,6	90,4
СВ	79,8	53,6	34,2	41,6	39,9	69,5	90,4
<i>При использовании систем естественной вентиляции</i>							
С	37,9	20,2	11,8	14,5	13,4	25,1	48,1
СЗ	38,2	20,2	11,8	14,5	13,5	25,7	50,6
З	41,1	21,1	12,2	15,1	14,8	29,5	55,0
ЮЗ	45,1	23,4	13,2	16,7	17,3	34,4	57,3
Ю	48,5	24,4	13,6	17,4	18,7	36,8	59,6
ЮВ	47,0	23,0	13,0	16,4	17,1	33,6	57,8
В	42,8	20,8	12,0	14,8	14,6	28,6	54,8
СВ	39,0	20,2	11,8	14,5	13,5	25,4	49,8

В жилых помещениях, оборудованных системами естественной вентиляции, максимальная теоретически возможная экономия тепловой энергии при использовании средств автоматического регулирования отпуска теплоты в системе отопления в зимние месяцы составляет $N = 11,8\text{--}18,7\%$, а при использовании механических систем – $N = 34,2\text{--}56,5\%$. В эти месяцы преимущественно $\Delta Q < 0$ и $Q_{\text{пол}} = Q_{\text{ср}} + Q_{\text{чел}} + Q_{\text{осв}}$.

Наибольшие значения N достигаются в осенние и весенние месяцы, в которые бытовые и биологические теплопоступления могут превысить потери теплоты через наружные ограждающие конструкции и на нагрев вентиляционного воздуха ($\Delta Q \geq 0$), тогда все теплопоступления, что идут сверх расчетных теплопотерь, не могут быть учтены как полезно используемые и $Q_{\text{пол}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вент}}$, более того, если $Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вент}} > 0$, то $Q_{\text{пол}} = 0$.

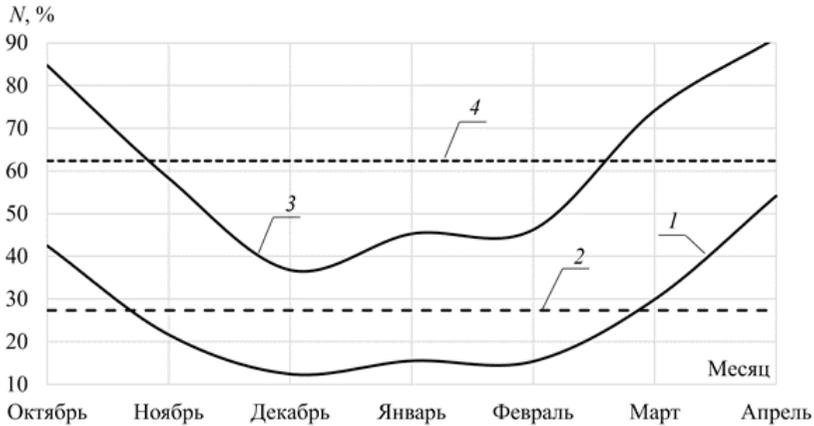


Рис. 3. Расчетные значения N , %: 1 и 2 – средние по базовым ориентациям среднемесячные и средние за отопительный период для жилых помещений, обслуживаемых системами естественной вентиляции; 3 и 4 – то же, с механической вентиляцией

В заключение отметим, что в зависимости от расчетного месяца и применяемой для создания нормативного воздухообмена системы вентиляции снижение потребления тепловой энергии системами отопления при применении в их конструкции средств автоматического регулирования отпуска теплоты может составлять от 11,8 до 90,4 %, что достигается только в комплексе с соблюдением повышенных требований к приведенным сопротивлениям теплопередаче наружных стен и светопрозрачных заполнений оконных проемов современных многоквартирных домов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ливчак, В. И. Стратегия автоматического регулирования систем отопления многоквартирных домов / В. И. Ливчак, Д. А. Загребин. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2016. – № 3. – С. 38–41.
2. Маркевич, А. С. Воздушно-тепловой режим помещения / А. С. Маркевич, А. Г. Рымаров. – Текст : непосредственный // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011. – № 9. – С. 82–85.
3. Влияние автоматизации систем отопления на энергетические и эксплуатационные показатели жилых зданий при проведении капремонта / М. С. Морозов, А. Ф. Юланова, А. И. Ожиганов, Т. И. Астахина. – Текст : непосредственный // Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий. Нижний Новгород, 23-25 апреля 2019 г. : сборник докладов II Международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород, 2019. – С. 329–333.
4. Рымаров, А. Г. Индивидуализация работы системы отопления в жилых зданиях / А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 2. – С. 92–97.
5. Рымаров, А. Г. Формирование локальных температурных режимов в помещении / А. Г. Рымаров, П. А. Хаванов, Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции : сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ. – Москва, 2020. – С. 25–29.
6. Изменение № 1 к СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий». – Москва : Минстрой России, 2018. – 17 с. – Текст : непосредственный.
7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий : актуализированная редакция СНиП 23-



02-2003. – Москва : Минрегион России, 2012. – 95 с. – Текст : непосредственный.

8. Архив погоды в Нижнем Новгороде. – Текст : электронный // Погода в 243 странах мира. – URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Нижнем_Новгороде (дата обращения: 04.09.21).

9. Маркус, Т. А. Здания, климат и энергия / Т. А. Маркус, Э. Н. Моррис. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. – 542 с. – Текст : непосредственный.

10. Сивков, С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации / С. И. Сивков. – Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1968. – 232 с. – Текст : непосредственный.

11. Харченко, Н. В. Индивидуальные солнечные установки / Н. В. Харченко. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с. – Текст : непосредственный.

BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of heating and ventilation; KUZIN Viktor Yurevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heating and ventilation; YULANOVA Alina Fanilevna, postgraduate student of the chair of heating and ventilation; PRYTKOVA Elizaveta Mikhaylovna, undergraduate student

ABOUT THE USEFUL USE OF HEAT SUPPLIES BY HEATING SYSTEMS OF MODERN APARTMENT RESIDENTIAL BUILDINGS

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

Key words: automation, household heat generation, apartment buildings, heating, solar radiation, heat balance.

The article considers dynamics of changes in heat losses through external enclosing structures and for heating ventilation air, as well as household and biological heat generation and solar radiation input in residential premises of modern apartment buildings during the heating period. The maximum beneficial effect from the use of means of automatic regulation of heat supply in their heating systems for the climatic conditions of Nizhny Novgorod has been determined.

REFERENCES

1. Livchak V. I., Zagebin D. A. Strategiya avtomaticheskogo regulirovaniya sistem otopeniya mnogokvartirnykh domov [Automatic regulation strategy for heating systems in apartment buildings] // Energoberezhenie [Energy Conservation]. – 2016. – № 3. – P. 38–41.

2. Markevich A. S., Rymarov A. G. Vozdushno-teplovoy rezhim pomescheniya [Air-thermal room conditions] // Santekhnika, otopenie, konditsionirovanie [Plumbing, heating, air conditioning]. – 2011. – № 9. – P. 82–85.

3. Morozov M. S., Yulanova A. F., Ozhiganov A. I., Astakhina T. I. Vliyanie avtomatizatsii sistem otopeniya na energeticheskie i ekspluatatsionnye pokazateli zhilykh zdaniy pri provedenii kapremonta [Influence of automation of heating systems on energy and operational indicators of residential buildings during overhaul] // Ekologicheskaya bezopasnost i ustoychivoe razvitie urbanizirovannykh territoriy. Nizhny Novgorod, 23-25 aprelya 2019 g. Sb. dokladov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Environmental safety and sustainable development of urbanized areas. Nizhny Novgorod, April 23-25, 2019. Sat. reports of the II International Scientific and Practical Conference]. – Nizhny Novgorod, 2019. – P. 329–333.

4. Rymarov A. G., Titkov D. G. Individualizatsiya raboty sistemy otopeniya v zhilykh zdaniyakh [Individualization of the heating system in residential buildings] // Privolzhskiy



nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. – № 2. – P. 92–97.

5. Rymarov A. G., Khavanov P. A., Titkov D. G. Formirovanie lokalnykh temperaturnykh rezhimov v pomeshchenii [Formation of local temperature regimes in the room] // Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii. Sb. dokladov VIII Vserossiyskoy nauchnotekhnicheskoy konferentsii, posvyaschyonnoy stoletiyu MISI-MGSU [Theoretical foundations of heat and gas supply and ventilation. Sat. reports of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference dedicated to the centenary of the IISI-MGSU]. – Moscow, 2020. – P. 25–29.

6. Izmenenie № 1 k SP 50.13330.2012 «SNiP 23-02-2003 Teplovaya zaschita zdaniy» [Amendment N°. 1 to SP 50.13330.2012 "SNiP 23-02-2003 Thermal protection of buildings"]. – Moscow: Minstroy Rossii, 2018, 17 p.

7. SP 50.13330.2012. Teplovaya zaschita zdaniy [Thermal protection of buildings]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003. – Moscow: Minregion Rossii, 2012, 95 p.

8. Arkhiv pogody v Nizhnem Novgorode [Weather archive in Nizhny Novgorod] // Pogoda v 243 stranakh mira [Weather in 243 countries of the world]. – URL: https://tp5.ru/Arkhiv_pogody_v_Nizhnem_Novgorode (data obrascheniya: 04.09.21).

9. Markus T. A., Morris E. N. Zdaniya, klimat i energiya [Buildings, climate and energy]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985, 542 p.

10. Sivkov S. I. Metody raschyota kharakteristik solnechnoy radiatsii [Methods for calculating the characteristics of solar radiation]. – Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izdatelstvo, 1968, 232 p.

11. Kharchenko N. V. Individualnye solnechnye ustanovki [Individual solar installations] / Moscow: Energoatomizdat, 1991, 208 p.

© М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, А. Ф. Юланова, Е. М. Прыткова, 2021

Получено: 08.10.2021 г.

УДК 726.5:697.92

А. Г. КОЧЕВ, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой теплогазоснабжения; М. М. СОКОЛОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО СОЗДАНИЮ И ПОДДЕРЖАНИЮ МИКРОКЛИМАТА В ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМАХ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-45-35; факс: (831) 430-03-82; эл. почта: unirs@nngasu.ru

Ключевые слова: православные храмы, здания XVII века, храмы острова Валаам, изразцовые печи, дымоходы.

Рассматриваются отопительные системы различных исторических периодов, применяемых в православных храмах. Приводятся особенности отопления храмов XVII века на примере храмов Печерского Вознесенского монастыря. Большое внимание уделено отопительным системам храмов на острове Валаам, республика Карелия.

При изучении микроклимата православных храмов [1, 2, 3] и сопоставлении современных инженерных коммуникаций с существовавшими в них ранее системами всегда возникает множество различных вопросов. Как правило, они сводятся



к следующим:

- насколько современные инженерные коммуникации учитывают все особенности этих древних культовых сооружений;
- насколько сильно были разрушены эти системы вместе с храмами во время правления советской власти;
- имеет ли смысл полностью восстанавливать разрушенные инженерные коммуникации в реставрируемых храмах.

Помимо классического инженерного подхода, в данном вопросе необходимо прибегнуть к историческому анализу.

Самые древние здания, сохранившиеся на территории Нижнего Новгорода, если не учитывать Кремль (XVI век), датируются XVII веком. Среди них 3 каменных палаты (рис. 1 цв. вклейки) и несколько православных храмов, в том числе храмы, расположенные на территории монастырей [4, 5].

Здания того времени отапливались при помощи печей, приблизительно до начала XVI века у печи отсутствовали каналы для отвода дыма, который выходил через двери и небольшие отверстия (оконца) в стенах, такой способ отопления называли – «топить по-черному». После XVI века стали появляться сначала деревянные короба для отвода продуктов сгорания, а затем с появлением огнеупорного кирпича и кирпичные дымовые трубы. Не вызывает сомнения, что в каменных палатах использовались печи, выложенные изразцами, а продукты сгорания выводили на кровлю через кирпичные дымовые каналы, имеющие фигурное навершие, например, в виде теремков. Подобные решения применялись и на территориях храмовых комплексов, например, в Больничном корпусе (Северо-восточном жилом корпусе [6]) Благовещенского монастыря. Несмотря на то, что это здание до наших дней не сохранилось и было восстановлено, реставраторы опирались на исторические документы, в том числе и в вопросе восстановления печных оголовков труб в виде теремков (рис. 2 цв. вклейки).

Согласно сохранившимся документам, для печей храмов и сооружений Благовещенского монастыря использовались Балахнинские изразцы. Распространенность этого вида изразцов как материала для нижегородских печей подтверждают и экспонаты Археологического музея Печерского Вознесенского монастыря.

Однако полностью печные системы отопления не сохранились ни в одном из нижегородских православных храмов. Известно, что в подклетах (подвальных помещениях) храма располагались отопительные печи, причем количество их и размеры варьировались от размера и вместимости храма. Печи топились дровами, небольшие печи могли быть задействованы в переходный период, а большие использовались в зимний период.

Следует отметить, что воздух на горение и для вентиляции поступал к печам через разветвленную систему подпольных каналов от наружных стен, а дымовые газы по дымоходам, расположенным в колоннах, удалялись наружу. Нагретый воздух в печах мог поступать в зал храма по другим каналам в колоннах через специальные отверстия. Из зала воздух мог удаляться через специальные отверстия в барабанах храма. Под барабаном понимают цилиндрическое или многогранное основание купола либо с прорезями и остеклением (световой барабан), либо без (глухой барабан или «шея») [7] (рис. 4 цв. вклейки).

Таким образом, учитывая вышеприведенное описание, можно установить, что изразцовые печи в главном храме Печерского Вознесенского монастыря располагались в подклете. Колонны, плавно переходящие в своды, внутри имеют канал,

**К СТАТЬЕ А. Г. КОЧЕВА, М. М. СОКОЛОВА «ИССЛЕДОВАНИЕ
ИСТОРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО СОЗДАНИЮ И ПОДДЕРЖАНИЮ
МИКРОКЛИМАТА В ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМАХ»**



Рис. 1. Сверху: палаты Пушкикова; слева: дом Чатыгина; справа: палаты Олисова, г. Нижний Новгород



Рис. 2. Больничный корпус Благовещенского монастыря, г. Нижний Новгород



Рис. 3. Печные изразцы из Успенской церкви Печерского монастыря, XVII в., г. Балахна, Нижегородская обл., ныне – экспонаты Археологического музея Печерского Вознесенского монастыря, г. Нижний Новгород

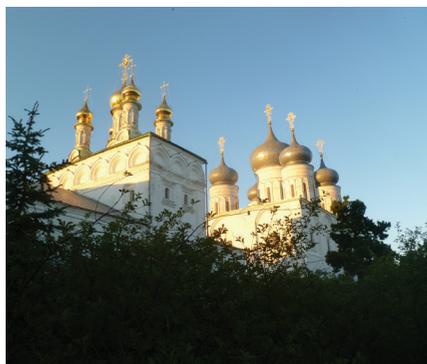


Рис. 4. Слева: на переднем плане церковь Успения Божией Матери с глухими барабанами, 1651 г. На заднем плане – Троицкий собор со световыми барабанами, 1658 г. Справа: Печь церкви Вознесения Христова (первый этаж церкви Успения Божией Матери) с отходящими от нее кирпичными каналами – боровами. Макарьевский монастырь, Нижегородская область



Рис. 5. Слева: расположение каналов в наружных стенах; справа: открытый канал. Печерский Вознесенский монастырь, г. Нижний Новгород

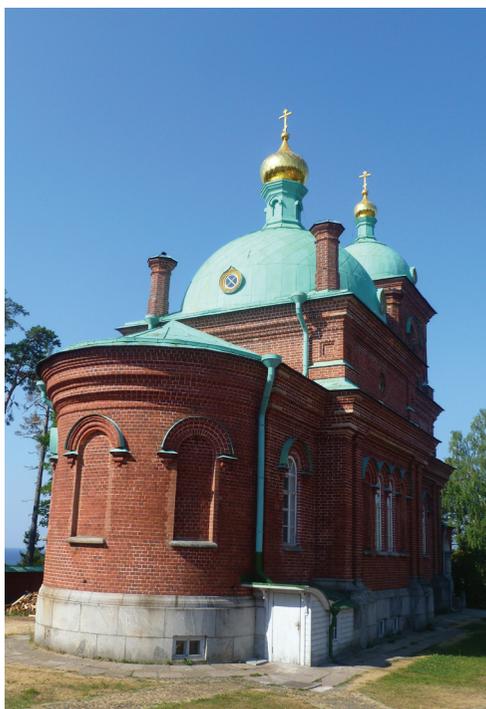


Рис. 6. Воскресенский скит, печное отопление. Остров Валаам, Республика Карелия



Рис. 7. Разные виды печи в главном храме. Остров Валаам, Республика Карелия



Рис. 8. Конеvский скит, печное отопление. Остров Валаам, Республика Карелия

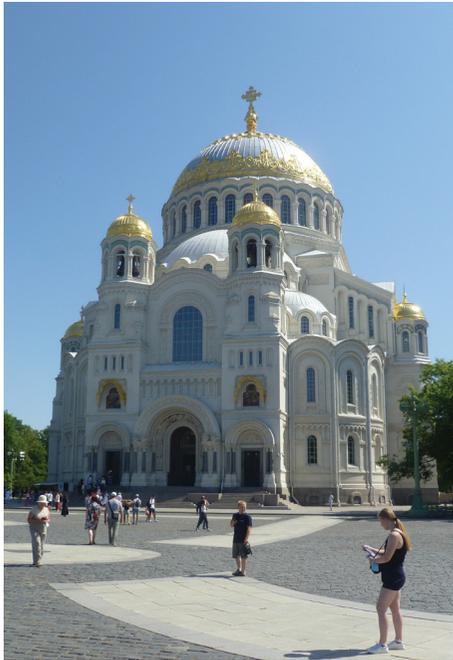


Рис. 9. Слева: Морской Никольский собор, г. Кронштадт. Справа: отопительный прибор в соборе



через который дымовые газы от печей нагревали воздух в помещении храма. На месте канала в колонне в настоящий момент расположена вентиляционная решетка. Воздушные каналы в наружных стенах в данном храме частично сохранились. Эти отверстия располагаются там же, где и современный отопительный прибор водяной системы отопления, позволяющий наглядно увидеть эволюцию инженерных коммуникаций (рис. 5 цв. вклейки).

Чтобы понять, можно ли считать водяную систему отопления ступенью эволюции непосредственно для православных храмов, следует учесть важную историческую особенность. Существовало строгое разделение на летние и зимние храмы, и эксплуатация больших каменных храмов в зимний период времени не предусматривалась, по крайней мере до семнадцатого века. Практически в каждом приходе рядом с главным холодным храмом строилась небольшая легко отапливаемая деревянная церковь, рассчитанная на проведения богослужений зимой. В качестве современного примера печного отопления православных храмов стоит рассмотреть культовые сооружения острова Валаам, республика Карелия. Например, в Воскресенском ските (рис. 6 цв. вклейки), печное отопление используется как в подклете, так и в молельном зале храма. Напротив иконостаса установлены две печи. Они облицованы отличными от ранее рассмотренных ярких изразцов, поскольку были сложены значительно позже (начало XX века).

У деревянной церкви Коневского скита отопление осуществляется с помощью металлической печи (рис. 8 цв. вклейки), отвод продуктов сгорания от которой реализован через выстроенный рядом с наружной стеной кирпичный дымоход с металлическим оголовком. В главном храме острова – Спасо-Преображенском соборе – реализованы все вышеописанные виды печей (рис. 7 цв. вклейки). Причем в зимний период работает только зимний храм, расположенный на нижнем ярусе.

При этом нельзя назвать остров Валаам отсталым в технологическом плане, поскольку рядом со Спасо-Преображенским собором располагается электрическая станция, представленная каскадом из солнечных панелей.

Стоит отметить, что водяные отопительные системы в храмах не являются достижением исключительно постсоветского периода, поскольку такие инженерные коммуникации достаточно часто применялись в конце XIX века в усадьбах дворян и состоятельных купцов и стали частью учебных и научных материалов того времени [8]. В качестве примера можно привести Морской Никольский собор (1913 год) в Кронштадте (рис. 9 цв. вклейки).

Все рассмотренные выше исторические примеры инженерных решений являются важным опорным материалом для проектирования современных систем. Системы естественной вентиляции, подобно используемым ранее каналам, составят существенную конкуренцию современным механическим системам вентиляции, не нарушая при этом внутреннее убранство храма. Водяное отопление также может быть использовано в православных храмах, учитывая особенности перехода на круглогодичную эксплуатацию, но сами приборы должны оборудоваться защитными экранами, чтобы не допустить аккумуляции сажи над ними. Опыт острова Валаам также показывает, что и в XXI веке возможно использование отопительных печей, причем в сочетании с возобновляемыми источниками энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 391.1325800.2017. Храмы православные. Правила проектирования : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-ком-



мунального хозяйства Российской Федерации от 22 декабря 2017 г. № 1703/пр : дата введения 2018-06-23. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/552113080>. – Текст : электронный.

2. Кочев, А. Г. Микроклимат православных храмов : монография / А. Г. Кочев ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2004. – 449 с. : ил. – ISBN 5-87941-343-8. – Текст : непосредственный.

3. Кочев, А. Г. Влияние внешней аэродинамики на микроклимат православных храмов / А. Г. Кочев, М. М. Соколов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2017. – 188 с. – ISBN 978-5-528-00192-0. – Текст : непосредственный.

4. Филатов, Н. Ф. Нижний Новгород. Архитектура XIV – начала XX в. / Н. Ф. Филатов ; ответственный редактор Г. В. Гундарин. – Нижний Новгород : Нижегородские новости, 1994. – 247 с. : ил. – (Энциклопедия Нижегородского края). – ISBN 5-88452-008-5. – Текст : непосредственный.

5. Агафонов, С. Л. Горький. Балахна. Макарьев / С. Л. Агафонов. – Москва : Искусство, 1969. – 224 с. : ил. – Художественные памятники XIII – начала XX в. старинных волжских городов. – Текст : непосредственный.

6. Давыдов, А. И. Нижегородский Благовещенский монастырь. Северо-Восточный жилой корпус. Строительная история / А. И. Давыдов. – URL: <http://opentextnn.ru/old/space/nn/church/index.html?id=3814> (дата обращения:). – Текст : электронный.

7. Грабарь, И. История русского искусства. Архитектура. Том 1. История архитектуры. До-петровская эпоха / И. Грабарь ; Вь обраб. отдъл. ч. изд. приняли участие А. Бенуа [и др.]. – Москва : Кнебель, [1910?]. – 511 с. : ил. – Текст : непосредственный.

8. Павловский, А. К. Курс отопления и вентиляции. В 2 частях. Часть 1. Общие сведения и местные приборы. Часть 2. Центральная система отопления. Вентиляция. – Санкт-Петербург : Типография журнала «Строитель», 1909. – 631 с. : ил. – Текст : непосредственный.

KOCHEV Aleksey Gennadevich, corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heat and gas supply; SOKOLOV Mikhail Mikhaylovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply

RESEARCH OF HISTORICAL SYSTEMS FOR CREATION AND MAINTENANCE OF MICROCLIMATE IN THE ORTHODOX CHURCHES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 433-45-35;
e-mail: unirs@nngasu.ru

Key words: Orthodox churches, buildings of the 17th century, temples of Valaam Island, tiled stoves, chimneys.

The article discusses heating systems of various historical periods used in the Orthodox churches. Features of heating churches of the 17th century are described by the example of the churches of the Pechersky Ascension Monastery. Much attention is paid to the heating systems of the temples on the island of Valaam, the Republic of Karelia. The corresponding conclusions on the conducted research are given.

REFERENCES

1. SP 391.1325800.2017. Khramy pravoslavnyye. Pravila proektirovaniya [Orthodox churches. Design rules]: svod pravil : izd. ofitsialnoe : utverzhdyon prikazom Min-va stroit-va i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 22 dekabrya 2017 g. № 1703 / pr: data vved. 2018-06-23. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/552113080>.
2. Kochev, A. G. Mikroklimat pravoslavnykh khramov [Microclimate of orthodox churches]:



monografiya / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2004, 449 p. : ill. – ISBN 5-87941-343-8.

3. Kochev A. G., Sokolov M. M. Vliyanie vneshney aerodinamiki na mikroklimat pravoslavnykh khramov [The influence of external aerodynamics on the microclimate of the Orthodox churches] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2017. – 188 p. – ISBN 978-5-528-00192-0.

4. Filatov N. F. Nizhny Novgorod. Arkhitektura XIV – nachala XX v. [Nizhny Novgorod. Architecture of the 14th – early 20th century] / Otv. red. G. V. Gundarin. – Nizhny Novgorod: Nizhegorodskie novosti, 1994, 247 p. : il. – (Entsiklopediya Nizhegorodskogo kraja). – ISBN 5-88452-008-5.

5. Agafonov S. L. Gorky. Balakhna. Makarev / Moscow: Iskustvo, 1969, 224 p. : il. – Khudozhestvennye pamyatniki XIII – nachala XX v. starinnykh volzhskikh gorodov.

6. Davydov A. I. Nizhegorodskiy Blagoveschenskiy monastyr. Severo-Vostochny zhiloy korpus. Stroitel'naya istoriya [Nizhny Novgorod Annunciation Monastery. North-East residential building. Construction history]. – URL: <http://opentextnn.ru/old/space/nn/church/index.html?id=3814> (data obrascheniya).

7. Grabar I. Istoriya russkago iskusstva. Arkhitektura. Tom 1. Istoriya arkhitektury. Doperetrovskaya epokha [History of Russian art. Architecture. Volume 1. History of architecture. Pre-Peter the Great epoch] / V obrab. ot del. ch. izd. prinjali uchastie A. Benua [et al]. – Moscow: Knebel, [1910?], 511 p. : il.

8. Pavlovsky A. K. Kurs otopeniya i ventilyatsii. V 2 chastyakh. Chast 1. Obschie svedeniya i mestnye pribory. Chast 2. Tsentral'naya sistema otopeniya. Ventilyatsiya [The course of heating and ventilation. In 2 parts. Part 1. General information and local devices. Part 2. Central heating system. Ventilation]. – Saint-Petersburg: Tipografiya zhurnala «Stroitel», 1909, 631 p. : il.

© А. Г. Кочев, М. М. Соколов, 2021

Получено: 08.10.2021 г.

УДК [697.9+628.83] : 534.835.44

Н. Н. МОНАРКИН¹, ст. преп. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции;
Т. В. МОНАРКИНА², инж.-проектировщик; С. В. ЛУКИН¹, д-р техн. наук,
проф. кафедры теплогазоводоснабжения; А. А. КОЧКИН¹, д-р техн. наук,
доц., зав. кафедрой промышленного и гражданского строительства

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ШУМА РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРА

¹ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

Россия, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15

²ООО «Проектдорпром»

Россия, 160033, г. Вологда, ул. Дзержинского, д. 37

Тел.: (8172) 53-19-49; эл. почта: nikolay-monarkin@yandex.ru

Ключевые слова: стационарный переключающийся регенеративный теплоутилизатор, СПРТ, регенератор, шум, вентиляция.

Приведены результаты экспериментального исследования уровня шума, генерируемого стационарным переключающимся регенеративным теплоутилизатором, применяемым для вентиляции помещений. Приведено сравнение определенного уровня шума с нормативными требованиями.

Стационарный переключающийся регенеративный теплоутилизатор (СПРТ) – это децентрализованное вентиляционное устройство, имеющее в своем составе регенеративную насадку и реверсивный вентилятор, устанавливаемое в наружную ограждающую конструкцию (стену) и обслуживающее одно или несколько смежных помещений. СПРТ имеет реверсивный (переключающийся) принцип действия, при котором попеременно сменяются этапы притока и вытяжки воздуха. Помимо выполнения функции вентиляции, этот переключающийся режим позволяет передавать теплоту вытяжного воздуха приточному через регенеративную насадку, что делает устройство энергетически эффективным. В публикациях [1, 2] исследована тепловая работа СПРТ, применяемых в вентиляции.

Так как СПРТ в первую очередь – вентиляционный механический аппарат, помимо прочего, важен вопрос изучения его акустических характеристик. При использовании СПРТ в помещениях жилых и общественных зданий (жилые комнаты квартир, аудитории образовательных организаций, помещения офисов и т. п.) проблема повышенного уровня генерируемого шума является актуальной. В паспортных данных таких аппаратов обычно указывается максимальный уровень шума до 40 дБА, что обусловлено требованиями нормативов [3]. При этом в настоящее время нет сведений по уровню шума СПРТ в натуральных условиях. Целью настоящей статьи является проверка соответствия уровня шума, генерируемого имеющимся СПРТ, нормативным требованиям.

Подготовка к эксперименту. Для эксперимента использовалось помещение, представляющее собой кабинет с мебелью и предназначенное для постоянного пребывания 1-2 человек (рис. 1). Площадь данного помещения – 16,5 м², объем – 99 м³. СПРТ установлен в оконном проеме. Такое расположение СПРТ соответствует натурным условиям для данного аппарата. В качестве СПРТ использовался прибор УВРК-50 (установка вентиляционная рекуперативная компактная с максимальной регламентированной производительностью 50 м³/ч) производства научно-производственной фирмы «Экотерм», г. Омск (рис. 2).

Для УВРК-50 характерны следующие значения расхода воздуха согласно инструкции по эксплуатации:

- $L = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$ – минимальная производительность;
- $L = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ – максимальная производительность (соответствующая допустимому уровню шума);
- $L = 80 \text{ м}^3/\text{ч}$ – максимально возможная производительность в режиме энергосбережения (допустимый уровень шума не гарантируется).

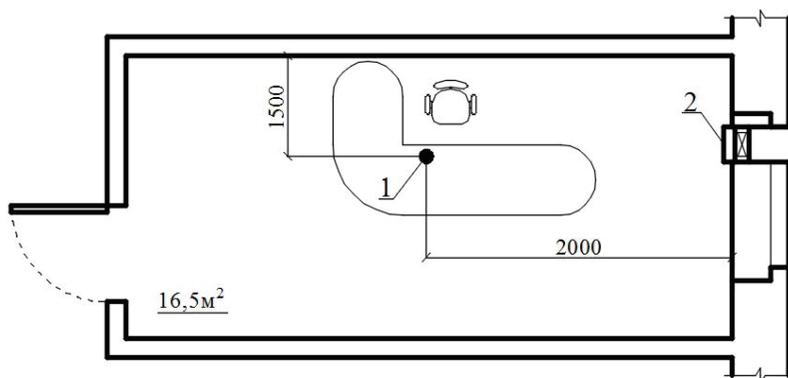


Рис. 1. План помещения: 1 – место замера; 2 – СПРТ

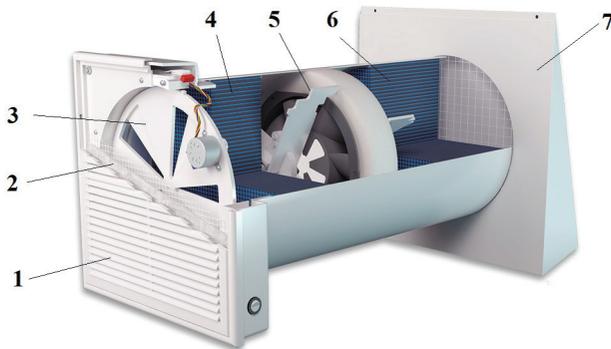


Рис. 2. Прибор УВРК-50: 1 – декоративная решетка; 2 – фильтр класса G2-G3; 3 – автоматический клапан; 4 – регенератор малый; 5 – реверсивный вентилятор; 6 – регенератор большой; 7 – наружный защитный козырек

Учитывая указанные значения расхода воздуха, целесообразно определить уровень шума для максимальной регламентированной производительности $L = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$. Такая производительность может рассматриваться как номинальная или основная для СПРТ, так как используется в большинстве случаев, а также обусловлена нормами воздухообмена в целевых помещениях [4]. В основном производителями предусматривается установка СПРТ попарно в одном или в смежных помещениях. Однако в данной работе исследуется система, состоящая из одного прибора, поэтому данное экспериментальное исследование будет производиться для производительности $L = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$, но расход приточного и вытяжного воздуха по отдельности составит $25 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Основным источником шума в УВРК-50 является осевой вентилятор. Это маломощный вентилятор с низким напором и производительностью. Такие вентиляторы характерны для большинства СПРТ, изначально они предназначались для использования в системах охлаждения различных компьютеров (персональных, серверных и т. д.).

Еще одним источником шума СПРТ может быть шум, возникающий в насадке, решетке, автоматическом клапане и защитном козырьке, возникающий вследствие образования воздушных вихрей и их срыва, но можно предположить, что данный шум будет незначительным, так как скорость движения воздуха в СПРТ невелика (до 1 м/с).

Проведение эксперимента. Во время эксперимента в помещении производились измерения, при этом не применялось специальных мероприятий по шумоглушению ни в конструкции СПРТ, ни в самом помещении.

Согласно [5] при измерении уровня шума от СПРТ в помещении соблюдались следующие требования:

- при измерениях уровня шума в помещении находился только один человек, выполняющий измерения;
- измерение выполнялось не ближе 1 м от стен, не ближе $1,5 \text{ м}$ от окон помещений, на высоте от $1,2$ до $1,5 \text{ м}$ от уровня пола, так как помещение находится в общественном здании (корпус университета), рис. 1;
- во время выполнения измерений окна и двери помещения были закрыты;



- прибор был направлен на источник шума – СПРТ.

Также необходимо отметить, что прочие системы организованной вентиляции в помещении отсутствовали.

Измерения выполнялись шумомером *testo 815*, характеристики которого приведены в таблице. Замеры уровня шума проводились:

- в медленном диапазоне временной коррекции,
- при частотной коррекции А,
- на уровне диапазонов: 32–80 дБ.

Характеристики шумомера *testo 815*

Функциональная характеристика	Значения
Сенсор:	1/2-дюймовый электретный конденсаторный измерительный микрофон
Общий диапазон измерений:	32 – 130 дБ
Уровень диапазонов:	32 – 80 дБ 50 – 100 дБ 80 – 130 дБ
Частотный диапазон:	31,5 Гц – 8 кГц
Частотная коррекция:	А/С
Эталонная частота:	1,000 Гц
Фоновое сопротивление микрофона:	1 кВ при 1 кГц
Зависимость от абсолютного давления:	$-1,6 \cdot 10^{-3}$ дБ/гПа
Временная коррекция:	125 мс (быстрое) или 1 с (медленное)
Погрешность:	$\pm 1,0$ дБ (при эталонных условиях: 94 Дб при 1 кГц)
Дисплей:	4-цифровой ж/к-дисплей, высота – 13 мм
Разрешение:	0,1 дБ
Обновление дисплея:	0,5 с
Рабочая температура:	0 – +40 °С
Рабочая влажность:	10 – 90 % относительной влажности

Во избежание ошибок измерения во время эксперимента выполнялись рекомендации производителя шумомера:

- оператор находился на расстоянии более 1 метра от прибора, чтобы не создавать препятствия для распространения звуковых волн и снизить влияние их отражения;

- для микрофона использовался ветрозащитный экран, так как СПРТ формирует приточную струю, и в целом в помещении воздух достаточно подвижен;

- в результаты измерений поправки не вводились, так как местность проведения эксперимента (город Вологда) находится на высоте 120 м над уровнем моря.

Результаты эксперимента и выводы. Результаты измерений приведены на рис. 3. Измерения выполнялись для четырех этапов работы СПРТ, интервал между замерами составляет 5 с.

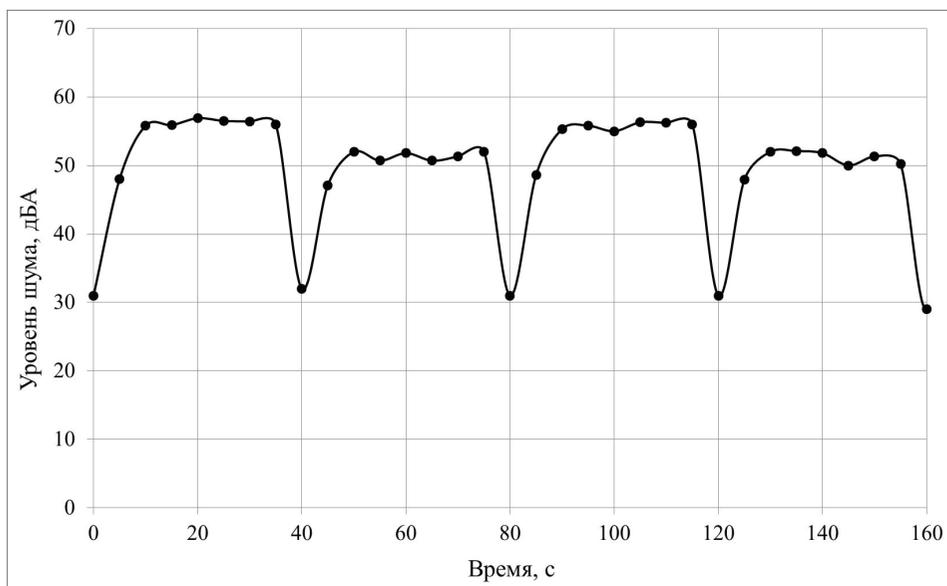


Рис. 3. Экспериментально определенный уровень шума, генерируемого СПРТ, при производительности $L = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$

На рис. 3 участки графика в интервалах 0–40 с и 80–120 с соответствуют этапам притока воздуха, а в интервалах 40–80 с и 120–150 с – этапам вытяжки воздуха. Видно, что на этапах вытяжки уровень шума ниже (50–52 дБА), чем на этапах притока (55–57 дБА).

По рис. 3 также наблюдается пологий характер графика в начале каждого этапа, это отражает разгон вентилятора после смены этапа. Снижение уровня шума примерно до 30 дБА соответствует остановке вентилятора при переключении между этапами.

Также во время эксперимента для сравнения результатов были произведены измерения:

- для расхода $L = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$, уровень шума составил 38–40 дБА на этапе притока и 32–34 дБА на этапе вытяжки;
- для расхода $L = 80 \text{ м}^3/\text{ч}$, уровень шума составил 53–55 дБА на этапе вытяжки и 56–58 дБА на этапе притока;
- при неработающем СПРТ, уровень шума составил 29–33 дБА.

Учитывая, что в помещениях, для которых в первую очередь предназначены СПРТ, допустимый уровень шума составляет 40–50 дБА, по результатам эксперимента можно сделать следующие выводы для исследуемого СПРТ:

1. Уровень шума при максимальной регламентированной производительности $L = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ не соответствует действующим нормам для жилых и большего числа общественных помещений.
2. При производительности $L = 80 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $L = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ уровни генерируемого шума слабо отличаются друг от друга (разница до 3 дБА).
3. При минимальной производительности $L = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$ уровень шума соответствует действующим нормам для жилых и общественных зданий.

В заключение отметим, что среди существующих СПРТ есть модели, имеющие в своем составе шумоглушитель. Это может говорить о том, что производителе-



ли признают недостаток СПРТ в виде повышенного уровня шума при номинальной производительности и таким путем устраняют его. Кроме того, при увеличении номинальной производительности СПРТ, вызванном расширением области применения, включение глушителей шума в конструкцию таких аппаратов становится обязательным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Монаркин, Н. Н. Математическая модель теплообмена в тонкостенном регенераторе / Н. Н. Монаркин, С. В. Лукин, А. А. Кочкин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 3 (47). – С. 57–62.
2. Монаркин, Н. Н. Влияние геометрических, теплофизических и режимных параметров на тепловую эффективность регенеративного теплоутилизатора / Н. Н. Монаркин, С. В. Лукин, А. А. Кочкин. – Текст : непосредственный // Градостроительство и архитектура. – 2019. – Том 9, № 4. – С. 33–38.
3. СП 51.13330.2011. Свод правил. Защита от шума: актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 : утвержден Минрегионом России от 28.12.2010 № 825. – Введен 20.05.2011. – Москва : ЦПП, 2010. – 51 с. – Текст : непосредственный.
4. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр. – Введен 01.07.2021. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 150 с. – Текст : непосредственный.
5. ГОСТ 34060-2017. Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Испытание и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила проведения и контроль выполнения работ. – Введен 01.02.2018. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 55 с. – Текст : непосредственный.

MONARKIN Nikolay Nikolaevich¹, senior teacher of the chair of heat, gas and water supply and ventilation; MONARKINA Tatyana Vladimirovna², engineer-designer; LUKIN Sergey Vladimirovich¹, doctor of technical sciences, professor of the chair of heat, gas and water supply and ventilation; KOCHKIN Aleksandr Aleksandrovich¹, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of industrial and civil engineering

EXPERIMENTAL STUDY OF THE NOISE LEVEL OF A REGENERATIVE HEAT EXCHANGER

¹Vologda State University

15, Lenin St., Vologda, 160000, Russia. Tel.: +7 (8172) 53-19-49

²JSC Proektdorprom

37, Dzerzhinsky St., Vologda, 160033, Russia. e-mail: nikolay-monarkin@yandex.ru

Key words: stationary switching regenerative heat exchanger, SSRHE, regenerator, noise, ventilation.

The article presents the results of an experimental study of the noise level generated by a stationary switching regenerative heat exchanger used for ventilation of premises. A comparison of a certain noise level with regulatory requirements is given.



REFERENCES

1. Monarkin N. N., Lukin S. V., Kochkin A. A. Matematicheskaya model teploobmena v tonkostennom regeneratore [Mathematical model of heat transfer in a thin-walled regenerator] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2018. № 3 (47). P. 57–62.
2. Monarkin N. N., Lukin S. V., Kochkin A. A. Vliyanie geometricheskikh, teplofizicheskikh i rezhimnykh parametrov na teplovuyu effektivnost regenerativnogo teploulizatora [The influence of geometrical, physical and operating parameters on thermal efficiency of the regenerative heat exchanger] // Gradostroitelstvo i arkhitektura [Urban construction and architecture]. 2019. V. 9, № 4. P. 33–38.
3. SP 51.13330.2011. Svod pravil. Zashchita ot shuma [Body of rules. Acoustic noise protection]: aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 23-03-2003 : utverzhd. Minregionom Rossii ot 28.12.2010 № 825. – Vved. 20.05.2011. – Moscow. TsPP, 2010, 51 p.
4. SP 60.13330.2020. Svod pravil. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha [Body of rules. Heating, ventilation and air conditioning]: aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 41-01-2003 : utverzhd. Prikazom Min-va stroit. i zhilishchno-kommun. khoz-va RF ot 30 dekabrya 2020 g. № 921/pr. – Vved. 01.07.2021. – Moscow, Standartinform. 2021, 150 p.
5. GOST 34060-2017 Inzhenernye seti zdaniy i sooruzheniy vnutrennie. Ispytanie i naladka sistem ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha. Pravila provedeniya i kontrol vypolneniya rabot [Internal engineering networks of buildings and structures. Testing and adjustment of ventilation and air conditioning systems. Rules of carrying out and control of execution of works]. Vved. 01.02. 2018. Moscow, Standartinform. 2018, 55 p.

© Н. Н. Монаркин, Т. В. Монаркина, С. В. Лукин, А. А. Кочкин, 2021

Получено: 08.10.2021 г.

УДК 624.139

Е. Н. ГОРОХОВ¹, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой оснований, фундаментов и инженерной геологии; **В. И. ЛОГИНОВ²**, канд. техн. наук, доц. кафедры информатики и автоматизации производственных процессов; **А. А. МАЛЕНОВ¹**, ст. преп. кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии; **С. Я. СКВОРЦОВ¹**, ст. преп. кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии

**ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ
ГРУНТОВ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН НА
АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ**

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

²ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
Россия, 603600, г. Н. Новгород, ул. Нестерова, д. 5, тел. (831) 419-66-99;
эл. почта: loginov@vgavt-nn.ru

Ключевые слова: арктический шельф, талые и мерзлые грунты, температурный режим, напряженно-деформированное состояние.

Производится описание результатов прогнозирования температурного режима многолетнемерзлых грунтов, выполненного для обоснования технологии защиты скважины и устьевой арматуры при поисково-разведочном бурении на шельфе замерзающих морей.

Прогнозные расчеты изменения температурно-криогенного режима многолетнемерзлых грунтов шельфа с учетом работ по устройству защитной конструкции устья поисково-разведочной скважины выполнены ННГАСУ в 2018 г. в рамках научно-исследовательской работы по заказу АО «ВНИИГ им. Веденеева» [1]. Данная статья является дальнейшим развитием работы [3]; в рамках локальной НИР на кафедре «Оснований, фундаментов и инженерной геологии» ННГАСУ было оценено напряженно-деформированное состояние (НДС) основания под опорами буровых платформ.

Рассмотренный участок расположен на континентальном шельфе в центральной части акватории Карского моря.

Для теплового состояния поверхностных вод характерна существенная сезонная изменчивость, которая определяется как годовым ходом радиационного баланса и температуры воздуха, так и переносом тепла из сопредельных морей и рек. Зимой в подледном слое воды температура близка к температуре замерзания (-1,5...-1,8 °С). В летний период в результате увеличения поступающей солнечной радиации и изменения циркуляции атмосферы температура поверхностного слоя составляет от 0,6 °С до 7,1 °С. Среднее значение температуры воды на поверхности составляет 3,8 °С. Толщина верхнего перемешанного слоя в среднем не превышает 10–15 м. С глубиной температура воды уменьшается, пересекая нулевую изотерму на глубине в среднем от 8 до 20 м. В придонном слое температура воды



и ее изменчивость достигают минимальных значений [1].

Были приняты два расчетных варианта распределения в придонном слое среднемесячной температуры морской воды: базовый вариант с положительной температурой в октябре (+ 0,5 °С) и аномальный вариант с положительной температурой с сентября (+ 0,2 °С) по октябрь (+ 0,6 °С).

Инженерно-геологические условия изучены бурением скважины глубиной 40,7 м; глубина моря в точке бурения – 36 м. На участке бурения вскрыта глина пластичномерзлая, слабозасоленная, со шлирами льда, при оттаивании – от текучепластичной до текучей консистенции. С глубин от 5,5 до 14,4 м льдистая, слоистой криотекстуры, с глубин от 14,4 до 40,4 м слабльдистая, сетчатой криотекстуры. В интервале глубин от 5,50 до 9,45 м многолетнемерзлые породы переслаиваются прослоями и линзами льда мощностью 0,2 м, от 20,35 до 20,50 м – мощностью 0,15 м. С глубины 40,4 м вскрыт лед с низкой примесью органического вещества мощностью 0,30 м.

Прогноз температурного режима выполнен для варианта устройства защитной конструкции устья скважины типа «котлован» при высоте устьевого оборудования 9 м, глубине котлована 12 м на расчетный срок службы сооружения 18 месяцев. Инженерно-геологические условия и расчетная схема представлены на рис. 1 и 2. Размер расчетной области 480×120 м

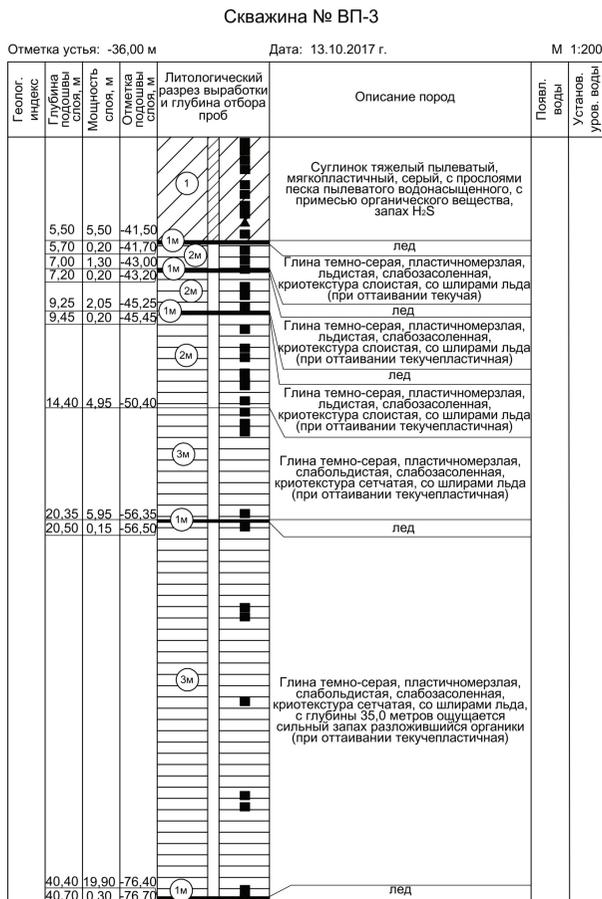


Рис. 1. Инженерно-геологические условия на рассматриваемом участке

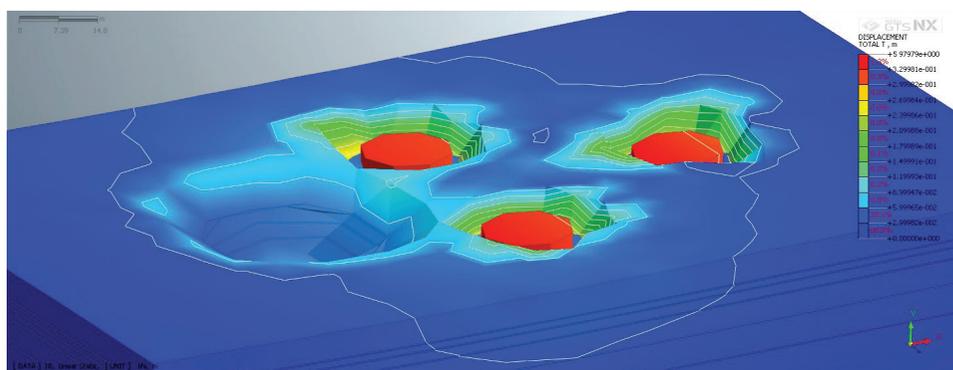


Рис. 3. Полные перемещения грунтового основания

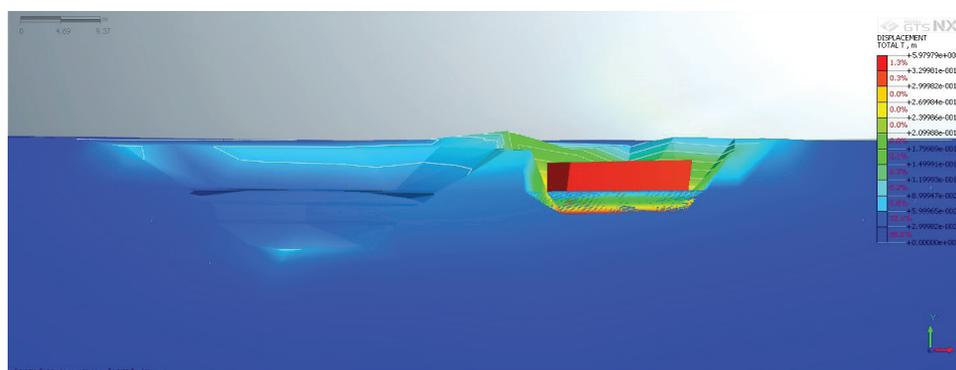


Рис. 4. Полные перемещения грунтового основания (разрез через центр котлована и центр ближайшей опоры)

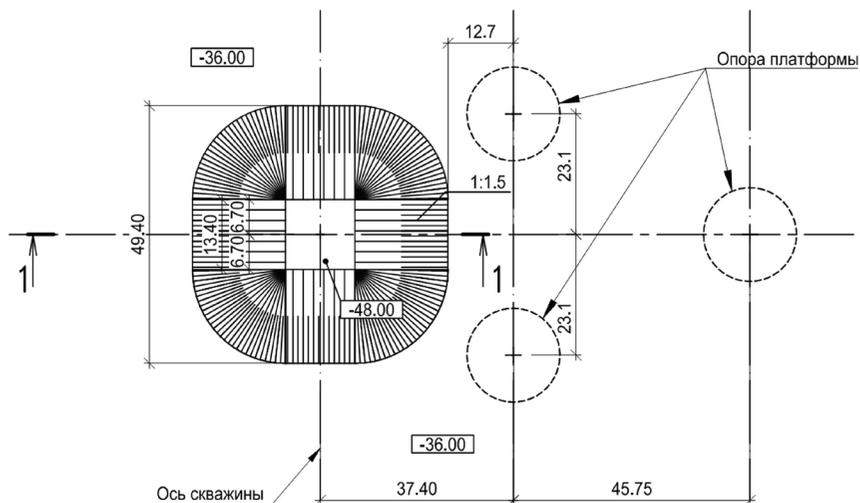


Рис. 2. Расчетная схема скважины с защитой типа «котлован»

Для температурных расчетов использовалась программа *TRND-Calc V3.0*, разработанная в ННГАСУ [2]. Расчетная область аппроксимировалась конечно-разностной сеткой на $70 \times 222 = 15\,540$ узлов.

При проведении расчетов были рассмотрены следующие случаи: Вариант 1 – задавливание опоры СПБУ производится до отм. -41.5, опора опирается на прослойку льда, температура циркулирующего бурового раствора принималась 60 °С, 80 °С и 100 °С. Вариант 2 – задавливание опоры производится до отм. -41.7, опора опирается на слой глины, температура циркулирующего бурового раствора принималась 60 °С, 80 °С и 100 °С.

Рассматриваемый максимальный период проведения работ: 4 месяца (июль – октябрь) – бурение; 8 месяцев – остановка работ на зимний период.

Прогноз температурного режима осуществляется расчетом по программе *TRND-Calc V3.0* [2] по следующему сценарию:

Этап 1. Формирование начального температурного поля (10.2017). Начальное температурное поле в расчетной области задается в соответствии с графиком распределения температуры. Далее выполняется расчет температурного режима на период с 10.2017 по 05.2019.

Этап 2. Июнь 2019 г. Происходит разработка котлована для защиты устья скважины. Осуществляется изменение геометрии дна и производится расчет температурного режима на период с 01.06.2019 по 30.06.2019.

Этап 3. Июль 2019 г. Происходит установка опор СПБУ и начинаются буровые работы. Производится изменение геометрии в расчетной области и осуществляется расчет температурного режима на период с 01.07.2019 (начало бурения) по 31.10.2019 (завершение бурения).

Этап 4. С 01.11.2019 по 30.06.2020 (перерыв в буровых работах). Производится удаление опор СПБУ. При этом осуществляется изменение геометрии в области следа опоры вследствие оплывания его вертикальных откосов под углом φ (угол внутреннего трения) грунта верхнего слоя. Далее выполняется расчет температурного режима с учетом среднемесячной температуры воды в придонном слое моря в этот период.



Этап 5. С 01.07.2020 (начало второго, завершающего этапа буровых работ) по 30.10.2020 (завершение второго этапа бурения). Производится изменение геометрии в области оплывшего следа опоры в связи с повторной установкой опоры СПБУ (принято условие повторной установки опоры в области первоначального следа). Далее осуществляется расчет температурного режима на период с 01.07.2020 по 30.10.2020.

В качестве примера (см. рис. 1 цв. вклейки) показаны температурное поле для расчетной области при аномальном варианте температуры воды и температуре циркуляционного бурового раствора 100 °С.

На основании проведенных расчетов возможных ореолов оттаивания установлено, что устройство геологоразведочной скважины при использовании циркулирующего бурового раствора при температуре 60, 80 и 100 °С не влияет на температурный режим под опорой буровой платформы. Максимально возможная величина оттаивания грунта под основанием платформы на 10.2020 составила 42,9 см (базовый вариант температуры воды, опирание на прослойку льда, температура бурового раствора 100 °С) и 49,3 см (аномальный вариант температуры воды, опирание на прослойку льда, температура бурового раствора 100 °С). Диаметр возможной зоны оттаивания грунта на 10.2020 около геологоразведочной скважины при температуре циркулирующего бурового раствора 60 °С, 80 °С и 100 °С – 10,9 м, 11,4 м, 12,9 м соответственно.

Для оценки НДС основания была создана трехмерная конечно-элементная схема в программе *Midas GTS NX* (см. рис. 2 цв. вклейки).

Вдавливание опоры до отметки -41.7 производилась нагрузкой в 130 МН на каждую из опор. Суммарные перемещения грунтового основания представлены на рис. 3 и 4 цв. вклейки.

Оттаивание грунтов в процессе проведения буровых работ приводит к снижению устойчивости СПБУ на 3 % и незначительному увеличению осадок платформы (осадка опор составила 5,97 м, что соответствует отметке -41.97). Расчетная деформации опоры составила 5,97 м от дна моря, что соответствует абсолютной отметке -41,97 (БСВ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прогноз изменения температурного режима многолетнемерзлых грунтов при защите устья скважины в зимний период при двухгодичном цикле поисково-разведочного бурения на арктическом шельфе : научно-технический отчет / руководитель темы Е. Н. Горохов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2018. – 138 с. – Текст : непосредственный.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016612890 Российская Федерация. Программа расчета температурного режима земляных плотин северной климатической (TRND-Calc V3.0) : № 2016610216 : заявл. 12.01.2016 : зарегистр. 11.03.2016 : опубл. 20.04.2016 / Горохов Е. Н, Логинов В. И., Скворцов С. Я. ; правообладатель Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – 1 с. – Текст : непосредственный.

3. Прогноз температурного режима и многолетнемерзлых грунтов при бурении нефтеразведочных скважин на арктическом шельфе / Е. Н. Горохов, С. Я. Скворцов, А. А. Маленов, В. И. Логинов. – Текст : непосредственный // Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне : материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 60-летию образования Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН / ответственные редакторы М. Н. Железняк, В. В. Шепелев, Р. В. Чжан. – Якутск, 2020. – С. 385–388.



GOROKHOV Evgeny Nikolaevich¹, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of bases, foundations and engineering geology; LOGINOV Vyacheslav Ivanovich², candidate of technical sciences, associate professor of the chair of informatics and automation of production processes; MALENOV Aleksandr Anatolevich¹, senior teacher of the chair of bases, foundations and engineering geology; SKVORTSOV Sergey Yakovlevich¹, senior teacher of the chair of bases, foundations and engineering geology

FORECAST OF THE TEMPERATURE REGIME AND STRESS-STRAIN STATE OF PERMAFROST SOILS AT DRILLING OIL EXPLORATION WELLS ON THE ARCTIC SHELF

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

²Volga State University of Water Transport
5, Nesterov St., Nizhny Novgorod, 603600, Russia. Tel: +7 (831) 419-66-99;
e-mail: loginov@vgavt-nn.ru

Key words: arctic shelf, snowmelt and frozen soils, temperature regime, stress-strain state.

The article describes the results of forecasting the temperature regime of permafrost soils, performed to justify the technology of well protection and wellhead fittings during exploratory drilling on the shelf of freezing seas.

REFERENCES

1. Prognoz izmeneniya temperaturnogo rezhima mnogoletnemyorzlykh gruntov pri zaschite ustya skvazhiny v zimniy period pri dvukhgodichnom tsikle poiskovo-razvedochnogo bureniya na arkticheskom shelfe [Forecast of changes in the temperature regime of permafrost soils during protection of the wellhead in winter during the two-year cycle of exploratory drilling on the Arctic shelf] : nauchno-tekhnicheskii otchyot / rukovod. temy E. N. Gorokhov ; Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod : NNGASU, 2018, 138 p.
2. Gorokhov E. N., Loginov V. I., Skvortsov S. Ya. Programma raschyota temperaturnogo rezhima zemlyanykh plotin severnoy klimaticheskoy (TRND-Calc V3.0) [The program for calculating the temperature regime of earthen dams of the Northern climate] // svidetelstvo o gos. registratsii programmy dlya EVM № 2016612890 RF : № 2016610216 : zayavl. 12.01.2016 : zaregistr. 11.03.2016 : opubl. 20.04.2016 ; pravoobladatel Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t., I p.
3. Gorokhov E. N., Skvortsov S. Ya., Malenov A. A., Loginov V. I. Prognoz temperaturnogo rezhima i mnogoletnemyorzlykh gruntov pri bureanii nefterazvedochnykh skvazhin na arkticheskom shelfe [Forecast of temperature conditions and permafrost soils during drilling of oil exploration wells on the Arctic shelf]. Ustoychivost prirodnykh i tekhnicheskikh sistem v kriolitozone [Stability of natural and technical systems in the cryolithozone]. Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyaschyonnoy 60-letiyu obrazovaniya Instituta merzlotovedeniya im. P. I. Melnikova SO RAN / otv. red. M. N. Zheleznyak, V. V. Shepelev, R. V. Chzhan. Yakutsk, 2020. P. 385–388.

© **Е. Н. Горохов, В. И. Логинов, А. А. Маленов, С. Я. Скворцов, 2021**

Получено: 02.10.2021 г.



УДК 624.136.2

Е. Н. ГОРОХОВ¹, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой оснований, фундаментов и инженерной геологии; **Р. В. ЧЖАН²**, д-р техн. наук, гл. науч. сотрудник-советник лаборатории инженерной геокриологии; **А. А. МАЛЕНОВ¹**, ст. преп. кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии; **С. Я. СКВОРЦОВ¹**, ст. преп. кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии; **А. А. ЧЖАН²**, канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории инженерной геокриологии; **П. С. ЗАБОЛОТНИК²**, канд. геол.-мин. наук, ст. науч. сотр. лаборатории инженерной геокриологии

АНАЛИЗ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ И СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЯ И ТЕЛА ДАМБЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ В СЕВЕРНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (ССКЗ)

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

²ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН Россия, 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36. Тел.: (4112) 39-08-01; эл. почта: zhang@mpi.ysn.ru

Ключевые слова: дамба, талые и мерзлые грунты, фильтрационные расчеты, устойчивость откосов.

Изложены результаты расчетов фильтрационной прочности и статической устойчивости основания и тела дамбы инженерной защиты селитебной территории, расположенной в ССКЗ, выполненных с целью выявления причин аварийного состояния сооружения.

Объект исследования представляет собой дамбу, предназначенную для обеспечения инженерной защиты от негативного воздействия паводковых вод селитебной территории, расположенной в северной строительной климатической зоне (ССКЗ), а также для формирования пруда-охладителя ТЭЦ и отделения его от русла реки (протоки).

Оградительная дамба: талого типа, отсыпана из привозного супесчаного и песчаного разнозернистого грунта различного генезиса; общая длина 1330 м, высота от 4,6 до 15,0 м; фактическая ширина по гребню в среднем 6,8 м; заложение откосов равно 2,5. Со стороны нижнего бьефа (пруд-охладитель) в основании дамбы отсыпана упорная призма из горного песка, камня и щебенки, шириной 7,0 м. Класс сооружения – II. Конструкция дамбы в наиболее характерном сечении приведена на рис. 1.

За период эксплуатации дамба неоднократно подвергалась деформациям. Деформации были различного характера: эрозионные размывы гребня и откосов; разрушения в местах примыканий дамбы к городской дамбе и к водопропускному сооружению; суффозия практически по всей длине дамбы. Были разработаны и частично выполнены два проекта по обеспечению фильтрационной и статической устойчивости дамбы. Однако до настоящего времени сооружение продолжает фильтровать и вызывать беспокойство по его устойчивости. Дамба была возведена в 2000-х годах. Упорная призма была отсыпана в 2020 году.



Исходя из вышеизложенного, возникла задача расчетной оценки состояния дамбы путем моделирования фильтрационных процессов и устойчивости грунта ее тела и основания.

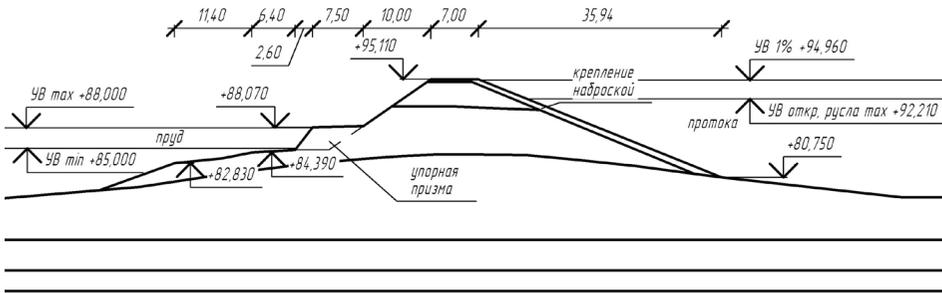


Рис. 1. Конструкция дамбы в наиболее характерном сечении

Анализ исходных данных показал, что фильтрационный режим дамбы характеризуется нестабильностью и сильно зависит от уровней воды протоки и пруда-охладителя. В свою очередь, изменение уровней воды в протоке и пруду характеризуется широким спектром значений как по отношению друг к другу, так и к элементам дамбы. Данное обстоятельство существенно осложнило создание расчетной схемы и повысило трудоемкость анализа результатов расчетов. Среднемесячные максимальные месячные уровни воды, а также фактические уровни на период «май – сентябрь 2020 г.» и «март – июль 2021 г.» приведены соответственно на рис. 2–4.

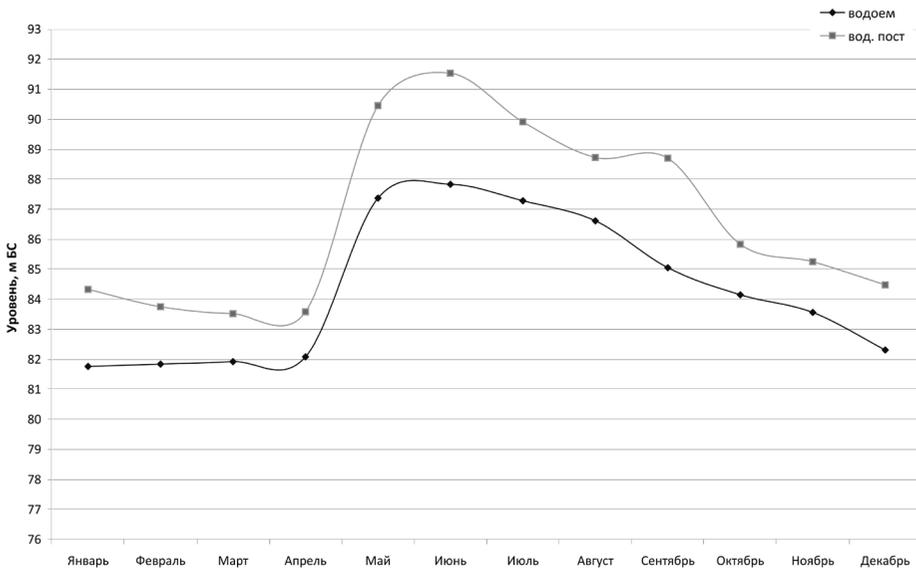


Рис. 2. Среднемесячные уровни воды в протоке и пруду

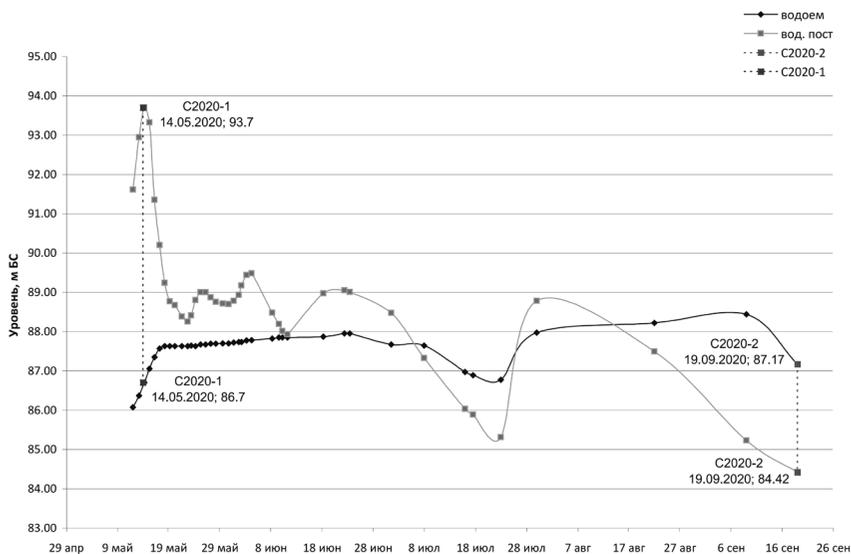


Рис. 3. Фактические уровни в протоке и в пруду на 2020 год (май – сентябрь)

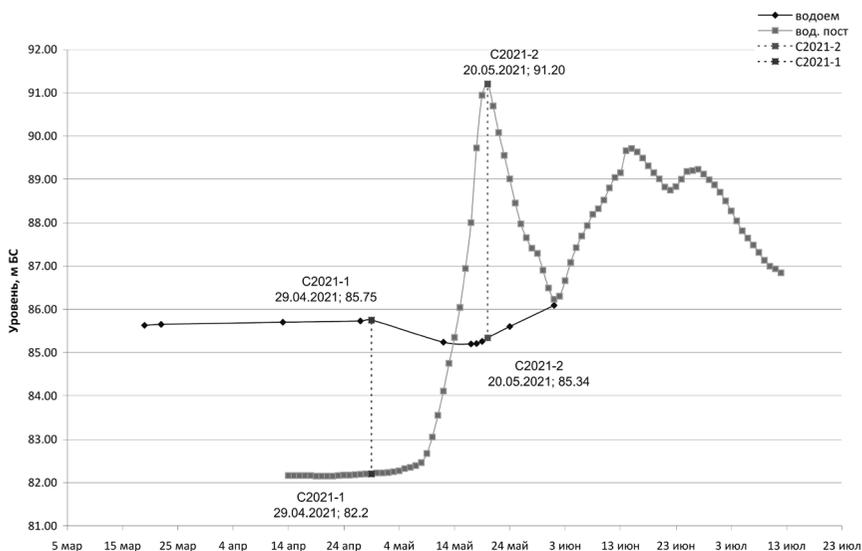


Рис. 4. Фактические уровни в протоке и в пруду на 2021 год (март – июль)

Как видно из графиков на рис. 2–4, среднемноголетние значения уровней в пруду-охладителе демонстрируют очевидную прямую зависимость от уровней воды в протоке. На всем протяжении годового цикла, согласно приведенному графику, наблюдается устойчивая фильтрация через тело и основание дамбы по направлению в пруд. Однако анализ фактических уровней 2020–2021 года (графики на рис. 3, 4) показывает, что в динамике имеют место как существенные отклонения уровней от средних значений, приводящие к воздействию на сооружение больших напоров, так и ситуации, когда уровень воды в протоке падает ниже уров-



ня пруда, что приводит к возникновению обратной фильтрации.

Также следует отметить, что в зимний период имеет место ситуация, когда уровень воды в пруду-охладителе падает ниже минимальных расчетных уровней, представленных на рис. 1.

Исходя из результатов анализа вышеприведенных исходных данных, а также предварительного моделирования, было сделано заключение о том, что аварийное состояние дамбы, по-видимому, в первую очередь связано с недоучетом при проектировании фактических уровней воды и скорости их изменения. Для подтверждения данного заключения были произведены расчеты фильтрационной прочности и устойчивости тела и основания дамбы по двум расчетным сценариям, включающим в себя ряд расчетных случаев:

1) *Первый расчетный сценарий* включает в себя последовательную смену 12 расчетных случаев, реализующих помесячное изменение уровней воды в пруде и протоке в рамках годового цикла. Для каждого расчетного случая определяется положение депрессионной кривой в теле дамбы, производится анализ устойчивости, а также определяются градиенты фильтрации в зоне выхода фильтрационного потока. Данный сценарий позволяет предварительно оценить фильтрационную прочность и устойчивость элементов дамбы в годовом цикле.

2) *Второй расчетный сценарий* направлен на определение фильтрационной прочности и устойчивости элементов дамбы при фактических экстремальных условиях, не отраженных в сценарии среднемесячных уровней, а именно:

Расчетный случай C2020-1

В расчетном случае рассматривается фильтрационная прочность и устойчивость при фактических уровнях воды на 14.05.2020 г. Для приведенной даты характерно превышение уровнем воды в протоке критического значения при относительно низком значении уровня воды в пруду во время половодья 2020 года (см. графики на рис. 3). (УВ в пруду – 86,70 м БС; УВ в протоке – 93,7 м БС).

Расчетный случай C2020-2

В расчетном случае рассматривается фильтрационная прочность и устойчивость при фактических уровнях воды на 19.09.2020 г. Для приведенной даты характерна обратная фильтрация из пруда в протоку при максимальном напоре за 2020 год (см. графики на рис. 3). (УВ в пруду – 87,17 м БС; УВ в протоке – 84,42 м БС).

Расчетный случай C2021-1

В расчетном случае рассматривается фильтрационная прочность и устойчивость при фактических уровнях воды на 29.04.2021 г. Для приведенной даты характерна обратная фильтрация из пруда в протоку при максимальном напоре за 2021 год (см. графики на рис. 4). (УВ в пруду – 85,75 м БС; УВ в протоке – 82,20 м БС).

Расчетный случай C2021-2

В расчетном случае рассматривается фильтрационная прочность и устойчивость при фактических уровнях воды на 20.05.2021 г. Для приведенной даты характерно превышение уровнем воды в протоке критического значения при относительно низком значении уровня воды в пруду во время половодья 2021 года (см. графики на рис. 4). (УВ в пруду – 85,34 м БС; УВ в протоке – 91,20 м БС). В данный период в районе упорной призмы со стороны пруда в районе характерного сечения наблюдалось развитие фильтрационных деформаций в виде грифона.

Расчетный случай CНеуст-1

В расчетном случае рассматривается фильтрационная прочность и устойчивость для среднемесячных значений уровней воды для случая, когда уровень в протоке резко растет и характеризуется средним максимальным уровнем текущего



месяца, но при этом уровень воды в пруду-охладителе характеризуется значением предыдущего месяца, меньшим, нежели уровень текущего месяца. Анализ графиков на рис. 2 показывает, что наиболее опасным случаем здесь будет считаться случай с УВ в протоке за май при УВ в пруду за апрель. Для данного случая для наиболее характерного сечения также оценивается коэффициент общего запаса устойчивости (без учета потери местной устойчивости пригрузочной призмой).

Данные сценарии рассматривались для трех расчетных сечений, различающихся конфигурацией профиля дамбы (далее в тексте – сечения 1, 2 и 3; сечение 3 является наиболее характерным сечением (рис. 1)).

Расчеты выполнялись в программе *PLAXIS* [1] в рамках реализации приведенных выше расчетных случаев. В статье для сокращения объема приводятся результаты расчетов только по наиболее характерному сечению (таблица).

Результаты расчета фильтрационной прочности и устойчивости в наиболее характерном сечении

Расчетный случай	Уровень воды в протоке, м БС	Уровень воды в пруду, м БС	Напор, м	Направление фильтрации	Полученный градиент напора	Максимальный допустимый градиент напора в теле/основании сооружения	Полученный коэффициент запаса устойчивости	Минимальный допустимый коэффициент запаса устойчивости
Сценарий 1								
январь	84,33	81,76	2,57	в пруд	0,087	0,625/0,25	1,03	1,20
февраль	83,75	81,84	1,91	в пруд	0,045	0,625/0,25	1,03	1,20
март	83,52	81,92	1,60	в пруд	0,036	0,625/0,25	1,04	1,20
апрель	83,58	82,08	1,50	в пруд	0,037	0,625/0,25	1,02	1,20
май	90,45	87,37	3,08	в пруд	0,245	0,625/0,25	1,06	1,20
июнь	91,53	87,83	3,70	в пруд	0,204	0,625/0,25	1,02	1,20
июль	89,91	87,28	2,63	в пруд	0,143	0,625/0,25	1,01	1,20
август	88,72	86,61	2,11	в пруд	0,123	0,625/0,25	1,01	1,20
сентябрь	88,70	85,05	3,65	в пруд	0,245	0,625/0,25	1,04	1,20
октябрь	85,83	84,15	1,68	в пруд	0,033	0,625/0,25	1,04	1,20
ноябрь	85,25	83,56	1,69	в пруд	0,016	0,625/0,25	1,03	1,20
декабрь	84,48	82,31	2,17	в пруд	0,059	0,625/0,25	1,03	1,20
Сценарий 2								
C2020-1	93,70	86,70	7,00	в пруд	0,567	0,625/0,25	0,80	1,20
C2020-2	84,42	87,17	-2,75	из пруда	0,174	0,625/0,25	1,10	1,20
C2021-1	82,20	85,75	-3,55	из пруда	0,051	0,625/0,25	1,04	1,20
C2021-2	91,20	85,34	5,86	в пруд	0,525	0,625/0,25	0,88	1,20
CНеуст-1	90,45	82,08	8,37	в пруд	0,356	0,625/0,25	1,08	1,20

Примечание: в числителе приведено значение местного допустимого градиента для основания согласно п. 5.31 СП 23.13330.2018 «Основания гидротехнических сооружений» [3].

Анализ полученных результатов включал в себя как количественную оцен-



ку устойчивости и параметров фильтрационного потока с учетом соответствия полученных результатов требованиям нормативной документации [2, 3], так и качественное сопоставление фактических процессов, наблюдаемых на объекте с результатами расчета. В частности, в каждом расчетном случае оценивалось положение кривой фильтрации, зоны развития повышенных скоростей с привязкой к конкретным инженерно-геологическим элементам, положение кривых обрушения откосов и т. д. с увязкой данных параметров относительно напоров, направлений пути фильтрации, а также положения уровней воды в пруду и протоке относительно геометрии сечения сооружения.

В целом по результатам расчетов устойчивость элементов тела дамбы не удовлетворяет требованиям [2]. Низовой откос и упорная призма в сечениях 1 и 3 находятся в состоянии предельного равновесия. В сечении 2 из-за относительно низких коэффициентов фильтрации тела дамбы и более распластанного профиля в отметках переменного уровня наблюдается соблюдение условия устойчивости за исключением случая С2020-1. Если учесть, что рассматриваемый случай находится в расчетном диапазоне уровней для сооружения (для основного сочетания нагрузок), следует считать, что устойчивость тела и элементов дамбы в сечении 2 также не удовлетворяет требованиям [2].

Фильтрационная прочность тела и основания дамбы во всех сечениях формально удовлетворяет требованиям [2], однако, с учетом фактического состояния дамбы (имеющиеся ослабленные зоны и фактические фильтрационные повреждения), а также большого диапазона значений коэффициентов фильтрации грунтов тела дамбы, реальные допустимые градиенты, по-видимому, для тела существенно ниже приведенных в [2] и по факту фильтрационная прочность тела дамбы не обеспечена.

В заключение следует отметить, что большое количество расчетных случаев и необходимость анализа большого количества факторов, влияющих на эксплуатационную надежность сооружения, требуют коренного изменения подхода к анализу эксплуатационной надежности, а именно: создания и реализации алгоритма анализа на основе математических и статистических методов, в полной мере учитывающих многофакторность данной системы и степень влияния факторов на итоговую эксплуатационную надежность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Brink-qreve, R.B.Y. PLAXIS Versions. Scientific Material models Dynamic manual / R.B.Y. Brink-qreve, W. Broere. – Delft University of Tehnology Plaxis b.v. – The Netherlands, 2004.
2. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. № 635/18 : актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84* : дата введения 01 января 2013 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095521>. – Текст : электронный.
3. СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений : издание официальное : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 13 августа 2018 г. № 513/пр : актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85* : дата введения 14 февраля 2019 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/553863425>. – Текст : электронный.



GOROKHOV Evgeny Nikolaevich¹, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of bases, foundations and engineering geology; CHZHAN Rudolf Vladimirovich², doctor of technical sciences, chief researcher-consultant of the laboratory of engineering geocryology; MALENOV Aleksandr Anatolevich¹, senior teacher of the chair of bases, foundations and engineering geology; SKVORTSOV Sergey Yakovlevich¹, senior teacher of the chair of bases, foundations and engineering geology; CHZHAN Andrey Antonovich², candidate of technical sciences, researcher of the laboratory of engineering geocryology; ZABOLOTNIK Pavel Stanislavovich², candidate of geologo-mineralogical sciences, senior researcher of the laboratory of engineering geocryology

ANALYSIS OF FILTRATION STRENGTH AND STATIC STABILITY OF THE BASE AND BODY OF THE DAM OF THE RESIDENTIAL AREA ENGINEERING PROTECTION IN THE PERMAFROST ZONE

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

²Melnikov Permafrost Institute SB RAS
36, Merzlotnaya St., Yakutsk, 677010, Russia. Tel.: +7 (4112) 39-08-01;
e-mail: zhang@mpi.ysn.ru

Key words: dam, thawed and frozen soils, filtration calculations, slope stability.

The results of calculations of the filtration strength and static stability of the base and body of the dam of the residential area engineering protection in the permafrost zone performed in order to identify the causes of the emergency condition of the structure are presented.

REFERENCES

1. Brink-qreve R.B.Y., Broere W. PLAXIS Versions. Scientific Material models Dynamic manual / Delft University of Tehnology Plaxis b.v., The Netherlands, 2004.
2. SP 39.13330.2012 Plotiny iz gruntovykh materialov [Dams of ground materials]: izdanie ofitsialnoe : utverzhd. Prikazom Min-va regionalnogo razvitiya RF ot 29 dekabrya 2011 g. № 635/18 : aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.06.05-84* : data vved. 01 yanvarya 2013 g. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095521>.
3. SP 23.13330.2018 Osnovaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Foundations of hydraulic structures] : izdanie ofitsialnoe : utverzhd. Prikazom Min-va stroit. i zhilishchno-kommunal. khoz-va RF ot 13 avgusta 2018 g. № 513/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.02.02-85* : data vved. 14 fevralya 2019 g. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/553863425>.

© **Е. Н. Горохов, Р. В. Чжан, А. А. Маленов, С. Я. Скворцов, А. А. Чжан, П. С. Заболотник, 2021**

Получено: 02.10.2021 г.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 504.064:638.1:502.22

Л. П. КОГАН¹, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры общей физики и теоретической механики; В. Б. ШТЕНБЕРГ¹, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры общей физики и теоретической механики; А. С. ГОРДЕЦОВ², д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой общей химии; О. В. КРАСНИКОВА², канд. хим. наук, доц., ст. преп. кафедры общей химии

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЦЕЛЯХ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-55-02;
эл. почта: L_kog@list.ru

²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Россия, 603005, г. Н. Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10. Тел.: (831) 439-09-43;
факс: (831) 439-01-84; эл. почта: lala-g@yandex.ru

Ключевые слова: экологический мониторинг, шум пчел в улье, статистический функционал, признаки изменений состояния внешнего пространства.

На примере шума пчел в улье исследуется влияние изменений внешней среды на поведение сложных биологических объектов. Обнаружена опережающая реакция пчелосемьи на приближение пространственно-отдаленных погодных изменений. Обосновано предположение о возможности применения рассматриваемой биосистемы в роли средства экологического мониторинга состояния природной среды и определения возникновения потенциально опасных явлений в районах строительства и функционирования объектов техносферы.

Введение

При обеспечении экологической безопасности строительства и функционирования объектов промышленной и городской инфраструктур существенной задачей является мониторинг природной среды в зонах локализации соответствующих комплексов и сооружений. Один из подходов к решению данной проблемы может состоять в применении природоподобных технологий контроля экологической обстановки. Их эффективность связана с исключительно высокой чувствительностью биологических объектов, сложившейся в течение миллионов лет эволюции, даже к очень малым вариациям свойств окружающего мира, а также с недостижимой на современном уровне развития техники энергоэффективностью живых систем.

Например, потребление энергии мозгом человека составляет всего 30 ватт, что в миллионы раз ниже аналогичного параметра для суперЭВМ при вполне сопоставимой эффективности по ряду направлений, а для пчел чувствительность к изменениям магнитного поля составляет 26 нТл, то есть менее 0,06 % от величины среднего магнитного поля на поверхности Земли в средних широтах [1]. Поэтому актуальной является проблема создания методик, которые основаны на использовании указанной чувствительности биообъектов и позволяют



выявить на самом раннем этапе признаки потенциально опасных природных или техногенных вариаций свойств окружающей среды в районе строительства или функционирования различных жилых, промышленных или инфраструктурных комплексов. В частности, к соответствующим изменениям относятся сейсмические процессы, оползневые или карстовые явления, промышленные химические и электромагнитные воздействия, приближение погодных катаклизмов и т. д. Их обнаружение является важной задачей при обеспечении экологической безопасности объектов техносферы.

1. Математический аппарат, применяемый при решении задачи

Применяемая ниже методика вычислений является развитием подхода, предложенного в работах [2, 3] применительно к сейсмическим процессам, и основана на предположении, что любые поля, связанные с объектом проведения измерений, могут быть записаны в следующем виде:

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t), \quad (1)$$

где случайная величина (СВ) $x_1(t)$ – стохастический фоновый шум, сопровождающий обычное функционирование системы; $x_2(t)$ – случайный процесс, являющийся откликом на изменение внешних условий.

Основной гипотезой, выдвигаемой в данной работе, является предположение о статистической независимости этих двух СВ. При разделении периода измерений на одинаковые по длительности отрезки реализации и сопоставлении каждому из них разбиения области значений исследуемого шума $x(t)$ на N интервалов с одинаковой шириной h :

$$x_{\min} + mh \leq x \leq x_{\min} + (m + 1)h, \quad 0 \leq m \leq N - 1, \quad (2)$$

где x_{\min} – наименьшее значение $x(t)$ на данном отрезке; $h = 0,01$ мВт; можем считать $N \leq 10-15$.

Приходим к статистике, позволяющей эффективно оценивать состояние изучаемой системы. С этой целью, как и в [2, 3], будем использовать безразмерный статистический функционал вида

$$L(n) = \frac{A}{M} \sum_{l=n-(M-1)}^n |\Lambda_l|; \quad \Lambda_l = \sum_{m=0}^{N-1} P_{m,l} (-1)^m, \quad (3)$$

где $M = 51$; коэффициент $A = 1020$ вводится с целью перехода к удобной для анализа области значений данного функционала; l – номер отрезка реализации; $P_{m,l}$ – эмпирическая вероятность попадания измеренных значений $x(t)$ в интервал с номером m в (2), а значение n соответствует моменту наблюдения, то есть времени завершения отрезка реализации с этим номером.

2. Проведение измерений и параметры численных расчетов

При дальнейших расчетах в качестве сигнала, создаваемого сложной биологической системой, рассматривается шум пчел, и даваемый ими внутри улья. Измерения проводились в июле-сентябре 2019 года в поселке Сатис, расположенном в Дивеевском районе Нижегородской области. Цифровой диктофон *Ritmix RR-810* помещался непосредственно внутрь улья. Запись велась в течение интервала времени от 20.00 текущих суток до 18.00–19.00 следующих суток (насколько хватало заряда аккумулятора). После чего диктофон вынимался из улья, данные с него переписывались на компьютер, а затем в 20.00 указанный прибор для звукозаписи снова помещался на прежнее место внутри одного и того же улья. Весь полученный ансамбль данных делился на отрезки реализации длиной в одну минуту, по 60 отсчетов в каждом. Затем для каждого такого интервала вычислялся статистический функционал (3).



3. Анализ результатов вычислений

Интервал проведения измерений охватывает период с 10 июля по 30 сентября 2019 года. Ниже рассматриваются типичные кривые $L(n)$. На рис. 1 приведена зависимость $L(n)$ для измерений, проведенных с 20.00 10 июля по 18.30 11 июля 2019 года. Горизонтальная ось на всех рисунках соответствует времени работы диктофона, измеряемого в минутах. С учетом указанного интервала усреднения длительностью $M = 51$ мин, здесь и далее момент начала для рассматриваемой зависимости (3) выбран 21.00, а время завершения указано в таблицах под соответствующими рисунками.

На рис. 1 приведены три типа прямых, соединяющих главные экстремумы и/или граничные точки локальных трендов функционала $L(n)$. Главными экстремумами будем называть его максимумы или минимумы, амплитуда которых (без учета мелкомасштабных малых флуктуаций) составляет порядка или более трети максимального изменения $L(n)$ на всем рассматриваемом временном отрезке, причем по обе стороны от соответствующей «экстремальной» точки имеют место вариации соизмеримой амплитуды и скорости изменения. Ширина таких экстремумов составляет величину порядка 100–200 минут. Также определим понятие локальных трендов как квазимонотонных (без учета малых флуктуаций) фрагментов данной кривой, для которых имеет место только участок убывания или только возрастания – тот же, что и для главных экстремумов вертикального масштаба на соизмеримом отрезке времени. Точки главных экстремумов, а также правой и левой границ локальных трендов кривой $L(n)$ будем называть направляющими точками рассматриваемой зависимости.

К первому типу указанных прямых отнесем прямые 1, 3 и 5, см. рис. 1. Подобные линии будем называть скользящими границами (СГ). Каждая из них проведена через два главных экстремума (соответственно, точки a и b , c и g , e и f), а также проходит мимо еще одного главного экстремума, или граничной точки тренда (такие точки будем называть дополнительными; на рис. 1 они выделены окружностями или эллипсами) при выполнении условия

$$\delta \leq 0,75 \%, \quad (4)$$

где δ – коэффициент отклонения, умноженный на 100 %, является отношением минимального расстояния от СГ до дополнительной точки к отвечающему ему значению $L(n)$. Для прямых 1, 3 и 5 значение δ составляет соответственно 0,29 %, 0,35 % и 0,71 %.

Прямые вида 2, 4 и 8, проведенные через граничные точки v и u , c и d , i и j , хотя бы одна из которых не удовлетворяет определению направляющей точки, будем называть касательными прямыми. Их общее свойство состоит в прохождении мимо нескольких точек зависимостей $L(n)$, отвечающих мелкомасштабным вариациям и расположенных между соответствующими граничными точками, при выполнении (4). Отметим, что для касательных возможно локальное мелкомасштабное нарушение (4) на интервале не более 10 минут.

Наконец, пары прямых вида 3 и 6, а также 5 и 7, угол $\delta\varphi$ между направлениями которых удовлетворяет условию

$$\delta\varphi \leq 1,5^\circ, \quad (5)$$

станем называть границами каналов (далее введем обозначения вида «канал 3–6»). Здесь и далее линии таких границ вида прямых 6 и 7 показаны пунктиром, поскольку они не являются ни СГ, ни касательными.

Все указанные прямые формируют локальные границы, от которых как бы «отражается» линия кривой $L(n)$. С учетом статистического смысла функционала (3),

характеризующего изменение уровня хаоса в измеряемом сигнале [3], такое «прямолинейное» свойство соответствующих точек и фрагментов кривой $L(n)$ представляется весьма интересным и информативным, хотя и не вполне понятным.

Рис. 1 сопоставляется табл. 1. Здесь и далее во всех таблицах первая строка (а) определяет момент начала соответствующего отрезка времени, начиная с 21.00; для последнего столбца указаны начало отвечающего ему временного интервала и момент его завершения, связанного с разрядкой аккумулятора диктофона. Вторая строка (b) показывает долю облачности, третья строка (c) символически изображает состояние погоды в районе поселка Сатис, а четвертая (d), пятая (e) и шестая (f) – соответственно значения атмосферного давления, температуры и влажности воздуха в районе этого населенного пункта.

Анализ рис. 1 и табл. 1 позволяет сделать вывод о высоком уровне корреляции состояния погоды и свойств указанных выше прямых. Их убывание отвечает ухудшению, а возрастание – улучшению условий жизнедеятельности улья. Этот факт подтверждает возможность использования шума пчел в улье для экологического мониторинга состояния окружающего пространства. В частности, понижение температуры при приближении уровня влажности к точке росы в период с 21.00 10 июля по приблизительно 00.00 11 июля сопровождается уменьшением значений $L(n)$, см. прямую линию 2, которая определяет нижнюю границу соответствующего сегмента рассматриваемой кривой. Это означает, что происходящие погодные процессы воспринимаются пчелиной семьей как фактор усиления негативного внешнего воздействия. Затем, приблизительно с 0.00 и до 5.30–6.00 утра 11 июля на фоне роста общей освещенности (уменьшение облачности и наступление утра) рост влажности почти прекращается и происходит фактическая стабилизация температуры. В итоге возникают более благоприятные условия для жизнедеятельности улья, что сопровождается следованием зависимости $L(n)$ по восходящему тренду, ограниченному прямыми линиями 1 и 4.

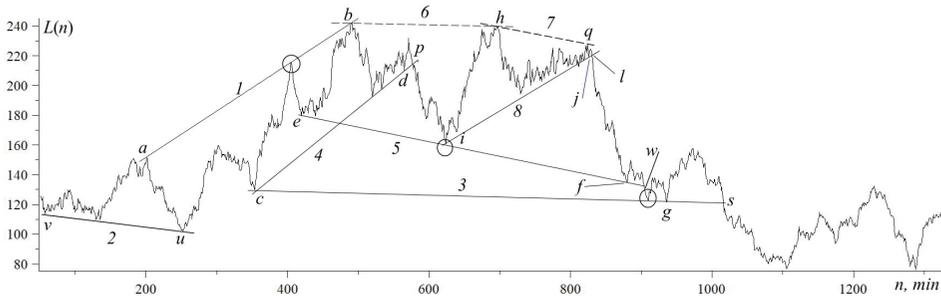


Рис. 1. Зависимость $L(n)$ в районе наблюдений 10 и 11 июля 2019 года



Таблица 1

Состояние погоды в районе наблюдений 10 и 11 июля 2019 года

<i>a</i>	21:00	0:00	3:00	6:00	9:00	12:00	15:00–18.30
<i>b</i>	61 %	35 %	27 %	17 %	43 %	67 %	83 %
<i>c</i>							
<i>d</i>	741	741	741	741	742	742	743
<i>e</i>	+15°	+13°	+12°	+13°	+17°	+19°	+20°
<i>f</i>	80 %	86 %	88 %	83 %	66 %	59 %	59 %

Этот тренд прерывается после пересечения данной кривой линии, касательной 4 в точке *p* около 6.00, после чего следует скачок вниз, см. рис. 1. Данное движение кривой $L(n)$ может быть объяснено приближением грозового фронта, что воспринимается пчелосемьей как негативный фактор (здесь необходимо учесть отмеченную во введении к статье высокую чувствительность пчел к вариациям магнитного поля). Таким образом, имеет место опережающая реакция пчелосемьи на приближение пока еще отдаленных изменений внешней среды. Новый возрастающий тренд, отвечающий интервалу времени 7.00–9.00 и сопровождаемый касательной 8, связан с общим улучшением погоды (почти чистое небо на фоне повышения температуры). Однако около 9.30 облачность усиливается и начинается дождь, что означает резкое ухудшение погоды с точки зрения пчел. Этому явлению отвечает пересечение в точке *k* касательной 8 и кривой $L(n)$ и последующее сильное падение значений функционала (3).

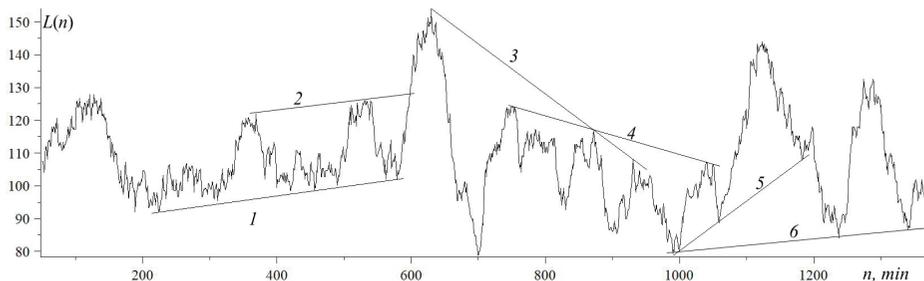


Рис. 2. Зависимость $L(n)$ в районе наблюдений 24 и 25 июля 2019 года



Таблица 2

Состояние погоды в районе наблюдений 24 и 25 июля 2019 года

<i>a</i>	21:00	0:00	3:00	6:00	9:00	12:00	15:00 –18.45
<i>b</i>	97 %	80 %	78 %	80 %	77 %	87 %	85 %
<i>c</i>							
<i>d</i>	751	751	752	752	752	752	752
<i>e</i>	+19°	+18°	+18°	+23°	+24°	+23°	+23°
<i>f</i>	73 %	72 %	72 %	60 %	56 %	53 %	61 %

Отметим, что предвестником быстрого спада значения его значений, с высокой вероятностью связанного с реакцией пчелосемьи на приближение негативных погодных факторов, являются мелкомасштабные вариации кривой $L(n)$, «отражающиеся» от линий касательных 4 и особенно 8. Таким образом, при мониторинге потенциально опасных явлений, проводимом в целях обеспечения экологической безопасности строительства и функционирования объектов промышленной и городской инфраструктуры, вариации подобного типа могут рассматриваться как предвестник надвигающихся интенсивных изменений окружающего мира.

Наконец, укажем на роль определенных выше каналов как индикаторов сильных изменений состояния окружающей среды. Выход рассматриваемой кривой из границ каналов 5–7 и 3–6 в достаточно близко расположенных точках w и s отвечает приближению грозового фронта и соответственно началу основной фазы грозы. При этом погодная обстановка становится для пчел максимально неблагоприятной, что отражается в значительном (порядка двух раз) уменьшении значений функционала (3).

На рис. 2 и 3 приведены зависимости $L(n)$ для измерений, проведенных 24 и 25 июля 2019 года (данные приведены в табл. 2) и 8 и 9 августа 2019 года (данные приведены в табл. 3). Анализ свойств зависимостей $L(n)$, приведенных на данных рисунках, подтверждает выводы, отвечающие рис. 1, и связь с высокой корреляцией свойств функционала (3) с текущим состоянием погоды.

Действительно, прямые 1–6 на рис. 2 и 1–7 на рис. 3 являются либо СГ, либо касательными, либо границами каналов. При этом пересечение кривой $L(n)$ линий СГ и касательных прямых на данных рисунках, а также ее выход из пределов канала 1–2 на рис. 2 отвечают началу сильного изменения состояния внешней среды. В рамках рассматриваемой задачи мониторинга текущей экологической ситуации наиболее интересно то, что начало нисходящего тренда на рис. 2 (см. прямую 3) начинается за 3 часа до реализации погодных изменений, см. табл. 2. Это подтверждает обнаруженный ранее эффект опережающей реакции. Аналогично может быть интерпретирован «сквозной» тренд на рис. 3, сопровождаемый скользящей границей 1 и каналом 1–7. В частности, СГ в виде прямой 1, начало которой на 8 часов опережает момент изменений погоды, см. рис. 3 и табл. 3, также может рассматриваться как опережающий предвестник предстоящих существенных изменений свойств окружающего пространства вне улья, фиксируемых пчелосемьей на расстоянии как минимум в десятки километров



от точки его расположения.

Подчеркнем, что все указанные выше признаки предстоящего значительного изменения состояния внешней среды могут рассматриваться как инструмент экологического мониторинга в зонах возведения и функционирования строительных комплексов и сооружений.

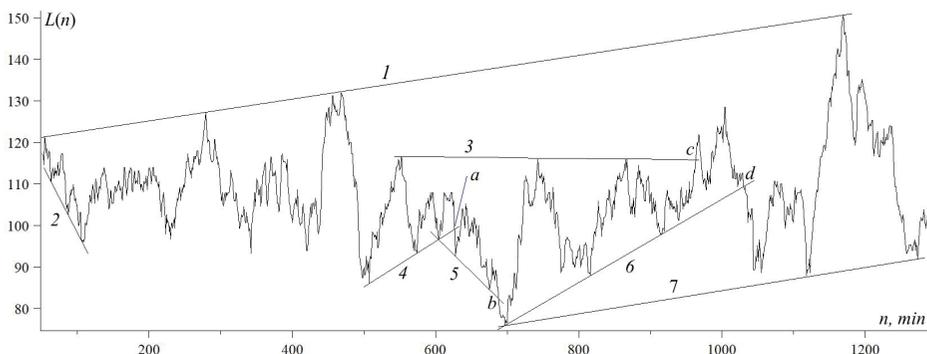


Рис. 3. Зависимость $L(n)$ в районе наблюдений 24 и 25 июля 2019 года

Таблица 3

Состояние погоды в районе наблюдений 8 и 9 августа 2019 года

	21:00	0:00	3:00	6:00	9:00	12:00	15:00–17.50
<i>a</i>	21:00	0:00	3:00	6:00	9:00	12:00	15:00–17.50
<i>b</i>	92 %	100 %	92 %	61 %	65 %	71 %	65 %
<i>c</i>							
<i>d</i>	746	744	743	742	742	743	742
<i>e</i>	+17°	+18°	+19°	+21°	+21°	+19°	+18°
<i>f</i>	89 %	96 %	95 %	87 %	65 %	59 %	58 %

4. Обсуждение полученных результатов и выводы

В статье рассмотрена возможность использования шума пчел в улье в роли высокочувствительного средства оценки состояния окружающей среды, которое можно эффективно применять в частности при решении задач экологической безопасности строительства и функционирования объектов промышленной и городской инфраструктуры. На основании статистического анализа такого шума была доказана сильная и малоинерционная зависимость процессов внутри улья от текущего состояния внешнего пространства, выявлены предвестники близкого по времени начала сильного изменения состояния погоды (пересечение кривой (3) скользящих границ и касательных линий, возникновение мелкомасштабных флуктуаций, ограниченных данными прямыми, а также выход зависимости $L(n)$ из каналов). Также был обнаружен феномен значительной (до 8 часов) опережающей реакции пчелосемьи на приближение интенсивных изменений состояния погоды.

Эти феномены означают высокую вероятность обнаружения аналогичных реакций пчелосемьи и на возможные опасные природные или техносферные



процессы на самом начальном уровне их развития. Данный вывод будет использован авторами в следующих работах, связанных в частности с изучением возможной реакции пчел на появление химического, в том числе связанного с отдаленными пожарами загрязнения воздуха, а также на возникновение состояния итоговой фазы подготовки приближающихся сейсмических событий в сейсмоактивных регионах.

Авторы выражают свою глубокую и искреннюю признательность пчеловоду М. И. Коробкову, оказавшему неоценимую помощь при проведении длительных измерений шума пчел.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Magnetoreception System in Honeybees (*Apis mellifera*) / Chin-Yuan Hsu, Fu-Yao Ko, Chia-Wei Li, Kuni Fann, Juh-Tzeng Lue // PLoS ONE. – 2007. – Vol. 2, № 4. – 395 p.
2. Коган, Л. П. Изменение статистических функционалов от критической частоты слоя F2 ионосферы перед сильными землетрясениями / Л. П. Коган. – Текст : непосредственный // Геомагнетизм и аэрономия. – 2015. – Том 55. – № 4. – С. 525.
3. Kogan, L. P. To the question of calculating the probability of strong earthquakes in real time / L. P. Kogan, I. T. Bubukin, V. B. Shtenberg // Chaos, Solitons and Fractals. – 2021. – Vol. 145. – 110807 p.

KOGAN Lev Petrovich, candidate of physical-mathematical sciences, associate professor of the chair of general physics and theoretical mechanics¹; SHTENBERG Valeria Borisovna¹, candidate of physical-mathematical sciences, associate professor of the chair of general physics and theoretical mechanics; GORDETSOV Aleksandr Sergeevich²; doctor of chemical sciences, professor, holder of the chair of general chemistry; KRASNIKOVA Olga Vladimirovna², candidate of chemical sciences, associate professor, senior teacher of the chair of general chemistry

ON THE POSSIBILITY OF USING BIOLOGICAL OBJECTS FOR THE PURPOSE OF CONTINUOUS MONITORING THE CONDITION OF THE NATURAL ENVIRONMENT IN THE AREAS OF CONSTRUCTION AND FUNCTIONING OF INDUSTRIAL AND URBAN INFRASTRUCTURE

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-55-02;
e-mail: L_kog@list.ru

²Privolzhsky Research Medical University
10, Minin and Pozharsky Sq., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 439-09-43;
fax: +7 (831) 439-01-84; e-mail: lala-g@yandex.ru

Key words: environmental monitoring, noise of bees in a hive, statistical functional, signs of changes in the state of the external space.

By the example of the noise of bees in a hive, the influence of changes in the external environment on the behavior of complex biological objects is investigated. The anticipatory reaction of a bee colony to the approach of spatially distant weather changes was found. The assumption about the possibility of using the considered biosystem as a means of ecological monitoring of the state of ecology and determination of the occurrence of potentially dangerous phenomena in the areas of construction and functioning of technosphere objects has been substantiated.



REFERENCES

1. Chin-Yuan Hsu, Fu-Yao Ko, Chia-Wei Li, Kuni Fann, Juh-Tzeng Lue. Magnetoreception System in Honeybees (*Apis mellifera*). PLoS ONE, 2007 V. 2, № 4, 395 p.
2. Kogan L. P. Izmenenie statisticheskikh funktsionalov ot kriticheskoy chastoty sloya F2 ionosfery pered silnymi zemletryaseniymi [Change in statistical functionals of critical frequency prior to strong earthquakes] / Geomagnetizm i aeronomiya [Geomagnetism and Aeronomy], 2015, V. 55, № 4, P. 525.
3. Kogan L. P., Bubukin I. T., Shtenberg V. B. To the question of calculating the probability of strong earthquakes in real time. Chaos, Solitons and Fractals, 2021, V. 145, 110807 p.

© **Л. П. Коган, В. Б. Штенберг, А. С. Гордеев, О. В. Красникова, 2021**

Получено: 02.10.2021 г.

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

УДК 72.007:378.672(470.341-25)

А. Л. ГЕЛЬФОНД, академик РААСН, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой архитектурного проектирования

К 50-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ВЫПУСКА АРХИТЕКТОРОВ ГИСИ – ННГАСУ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: gelfond@bk.ru

Ключевые слова: архитектор, первый выпуск, ГИСИ, ННГАСУ, преподаватели.

Статья посвящена значимому событию – 50-летию первого выпуска архитекторов одного из ведущих архитектурно-строительных университетов страны – ГИСИ – ННГАСУ, включает цитаты из отдельных эссе ведущих преподавателей университета, играющих ключевую роль в становлении архитектурного образования в городе Горьком – Нижнем Новгороде. Это позволяет осветить многие аспекты и специфику учебного процесса. Статья сопровождается историческими фотографиями из личных архивов студентов первого выпуска 1966–1971 гг.

Введение

Первый выпуск архитекторов в Горьковском инженерно-строительном институте (ГИСИ) состоялся в 1971 году. История архитектурного образования в стенах Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (бывшего Горьковского инженерно-строительного института, ГИСИ) начинается с 1966 года [1]. Основателем архитектурного факультета и специальности «Архитектура» стал Юрий Николаевич Бубнов (рис. 1 цв. вклейки), бывший в то время главным архитектором города. Ранее в ГИСИ на специальности «Строительство» велась углубленная архитектурная подготовка инженеров-строителей, включавшая занятия по рисунку и живописи. Эту работу возглавлял заведующий кафедрой архитектуры, профессор Константин Дмитриевич Блохин, затем – заведующий кафедрой архитектуры, профессор Михаил Семенович Седов. Многие выпускники этой специальности в дальнейшем стали известными нижегородскими архитекторами, а в 1960-е годы составили основу преподавательского состава архитектурного факультета. Среди них: Юрий Николаевич Бубнов, Николай Иванович Покровский, Дмитрий Павлович Сильванов, Юрий Геннадьевич Самойлов, Геннадий Николаевич Павлов (рис. 2 цв. вклейки). Плеяду преподавателей дополнили архитекторы, окончившие другие, в том числе столичные архитектурные вузы, работавшие архитекторами-практиками: Святослав Леонидович Агафонов, Леонид Александрович Нифонтов, Виктор Яковлевич Чашин, Валентина Васильевна Баулина, Юрий Иванович Коновалов, Сергей Александрович Тимофеев.

С. Л. Агафонов в 1932 г. окончил архитектурный факультет Ленинградского института живописи, скульптуры и архитектуры Всероссийской академии художеств. В течение 20 лет работал главным архитектором и научным руководителем Горьковской научно-производственной реставрационной мастерской, проводил работу по восстановлению и научной реставрации Нижегородского кремля, один из родоначальников и ярких представителей советской школы реставрации.



Ю. Г. Самойлов – крупный специалист в области реставрации деревянного зодчества. По его инициативе в 1973 г. был создан Музей архитектуры и быта народов Нижегородского Поволжья на Щелоковском хуторе. Представленные там уникальные образцы деревянного зодчества XVIII – XIX вв. привезены из научных экспедиций, возглавляемых ученым. Валентина Васильевна Баулина стояла у истоков ландшафтной архитектуры в г. Горьком. Геннадий Николаевич Павлов был известным теоретиком и практиком отечественного куполостроения. Юрий Иванович Коновалов был одновременно архитектором-практиком и теоретиком объемно-пространственной композиции.

Кафедра архитектурного проектирования была основана в 1971 году к первому выпуску архитекторов. Заведующим кафедрой стал кандидат архитектуры, профессор, Заслуженный архитектор РФ Ю. Н. Бубнов, в дальнейшем декан архитектурного факультета. Он внес особый вклад в становление горьковской архитектурной школы. Ю. Н. Бубнов, выпускник ГИСИ 1940 г., автор Проекта детальной планировки и застройки центра г. Горького 1966 г., один из авторов генерального плана г. Горького 1967 г. и реализации застройки центра 1970 и 1975 гг. [2].

С 1971 г. уже выпускники ГИСИ – ННГАСУ, защитившие в дальнейшем диссертации и получившие ученые степени докторов и кандидатов архитектуры, составляют основу профессорско-преподавательского состава кафедр, осуществляющих подготовку архитекторов.

Они были первыми

«...Моим первым преподавателем по архитектурному проектированию на архитектурном факультете ГИСИ была Наталья Аркадьевна Гоголева – выпускница первого выпуска архитекторов ГИСИ 1971 года, которая училась в группе 001 (!), и я начну именно с ее воспоминаний.

Рассказывает Наталья Аркадьевна Гоголева – профессор кафедры дизайн-проектирования и изобразительных искусств ННГАСУ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, член Союза дизайнеров РФ: «Нас из первого выпуска оставили на кафедре пятерых: Геннадия Михайловича Голова, Аркадия Петровича Даниловича, Виктора Васильевича Зубкова, Игоря Андреевича Нелюбовича и одну девочку – Наталью Аркадьевну Шишкову (Гоголеву), которая шла первой по распределению (рис. 3 цв. вклейки).

В год поступления конкурс был 7,5 человек на место. Набрали две группы по 25 человек, плюс по 5 кандидатов в каждую группу. Окончили 48 человек. В дальнейшем это видные нижегородские архитекторы: В. Коваленко, Н. Кудряшов, В. Ладыка, Г. Малков, М. Ногинов, Е. Ногинова, И. Рымаренко Н. Седых, О. Титов, В. Шиман. Многие разъехались по стране: А. Климычев уехал в Сочи, В. Голованов – в Вологду, Е. Якушечкин – в Подмосковье...

Учиться было очень интересно и очень сложно. У нас были замечательные преподаватели. Сейчас я понимаю, что им тоже было непросто, ведь «чистыми» архитекторами были не все, многие окончили строительный факультет. Но тогда мы этого не чувствовали, настолько профессионально они вели архитектурное проектирование. В группе 001 преподавали С. Л. Агафонов, Ю. И. Коновалов и Н. И. Покровский. Потом, когда Ю. И. Коновалов уехал в аспирантуру в Москву, пришел Дмитрий Павлович Сильванов. С третьего курса – С. А. Тимофеев. В группе 002 вели с первого курса до окончания Г. Н. Павлов, Л. А. Нифонтов, Ю. Г. Самойлов.

Мы знали, что в институте над нами подшучивали, называли «подопытные кролики». Дело в том, что мы учились по программе МАРХИ, но поскольку мно-

**К СТАТЬЕ А. Л. ГЕЛЬФОНД «К 50-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ВЫПУСКА
АРХИТЕКТОРОВ ГИСИ – ННГАСУ»**



Рис. 1. Юрий Николаевич Бубнов – основатель архитектурного факультета ГИСИ, кандидат архитектуры, профессор, первый заведующий кафедрой архитектурного проектирования, Заслуженный архитектор РФ



Самойлов Ю.Г. Павлов Г.Н. Нифонтов Л.А. Агафонов С.Л. Баулина В.В



Сильванов Д.П. Чашин В.Я. Коновалов Ю.И. Покровский Н.И. Тимофеев С.А.

Рис. 2. Первые преподаватели архитектурного факультета ГИСИ



Голов Г.М. Зубков В.В. Гоголева Н.А. Нелюбович И.А. Данилович А.П.

Рис. 3. Первые преподаватели – выпускники архитектурного факультета ГИСИ, 1971 г.



Рис. 4. Группа 001, фото 1971 г.



Рис. 5. Группа 001, фото 1991 г.



Рис. 6. Первый выпуск архитекторов во время учебы в ГИСИ. Группы 001, 002



Рис. 7. Памятник преподавателям и студентам ГИСИ, погибшим на фронтах Великой Отечественной войны 1941–1945 гг., арх. Г. М. Голов, 1975 г.

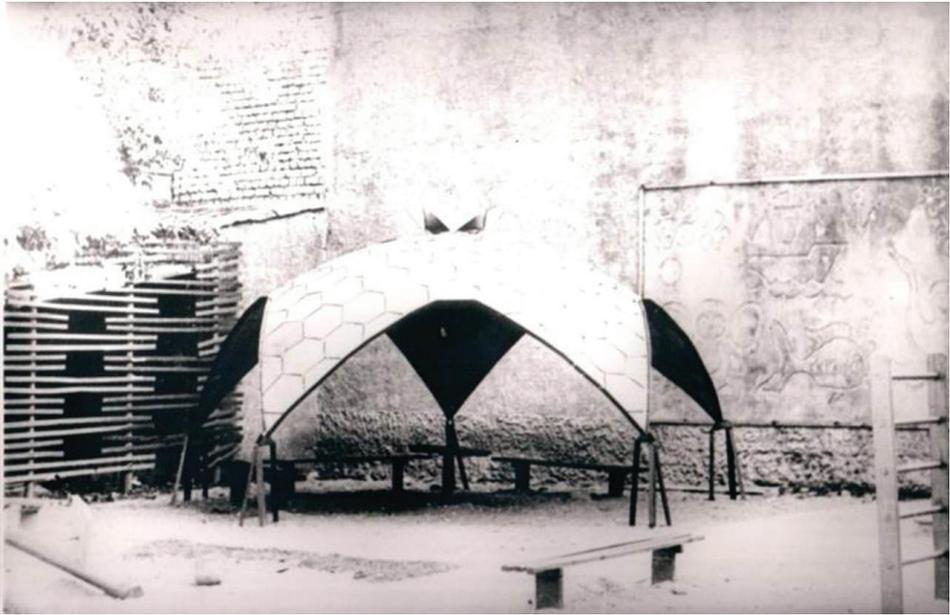


Рис. 8. Теневой навес на детской площадке в г. Горьком, СКБ ГИСИ, арх. Г. Н. Павлов (рук.), Г. М. Голов, Н. А. Гоголева

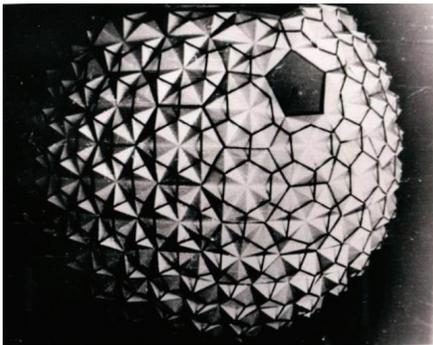
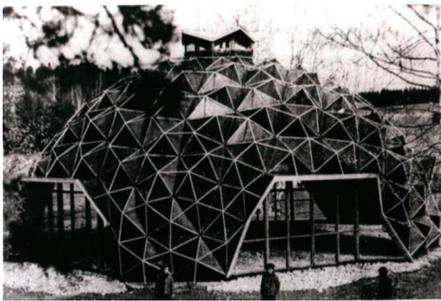


Рис. 9. Купольные сооружения по проектам архитекторов – ученых ГИСИ



гие преподаватели были строителями по образованию, нам давали расширенный курс конструкций и инженерных дисциплин – просто сжатый материал для строительных специальностей. Была очень большая нагрузка. Учились все одержимо, первому выпуску был присущ дух новаторства, желание учиться и именно хорошо учиться. Надо было показать, какой ты особенный, и сокурсникам, и преподавателям. Работали в институте до самого закрытия библиотеки, иногда просто рисовали. Рисунок вела замечательная Вера Ивановна Аверина – женщина исключительного вкуса. Позже Вячеслав Николаевич Зимин и Виктор Иванович Черников».

Рассказывает Ирина Геннадьевна Рымаренко, доцент кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования, член Союза архитекторов РФ, окончившая в 1971 г. первый выпуск (рис. 4–6 цв. вклейки): «Впервые с основания ГИСИ, с 1930 г., свои курсовые проекты мы выполняли на подрамниках 55×75 см с натянутым на них ватманом (для чертежных работ) и специальным ватманом «ГОЗНАК». Этот ватман, как и палочки твердой китайской туши, натираемой и тщательно процеживаемой для выполнения работ в технике классической отмывки, мы привозили из Москвы. В то время еще не было клея ПВА, и бумагу на подрамник мы наклеивали с помощью клейстера, который варили из муки. К этим работам относятся архитектурные ордера, фасады и перспективы памятников архитектуры. Например, я отмывала церковь Вознесения в Коломенском 1528–1532 гг. Первым преподавателем был архитектор, реставратор Нижегородского Кремля Святослав Леонидович Агафонов. Кроме архитектурного проектирования, он читал нам курс лекций по истории архитектуры.

Вячеслав Аркадьевич Филиппов – кандидат искусствоведения, научный сотрудник Горьковского художественного музея читал лекции по истории искусств, потом факультативно по истории русского искусства. В затемненной 316-й аудитории 1-го корпуса мы успевали во время лекции делать в тетради зарисовки сюжетов картин и шедевров мировой архитектуры. Нам завидовали студенты других специальностей, которые пытались послушать и посмотреть через приоткрытую дверь на экран.

Одним из самых основополагающих предметов для творческой деятельности архитектора является композиция – предмет, без которого трудно представить полет фантазии зодчего (рис. 7 цв. вклейки). Понимание и значимость основ архитектурной композиции для будущих специалистов прививал нам Юрий Иванович Коновалов. Мы делали из бумаги выкройки, из которых выклеивали фронтальные, объемные и глубинно-пространственные композиции. Со второго курса началась самая интересная творческая проектная студенческая пора – с проекта навеса на детской дворовой площадке, затем проектирование жилых домов, микрорайона, клуба, гаража, концертного зала – почти все курсовые проекты, которые выполняют студенты и сегодня».

С третьего курса одним из трех преподавателей, ведущих архитектурное проектирование в группе 001, был Сергей Александрович Тимофеев, который развивал у студентов чутье на самые актуальные проблемы и тенденции современной архитектуры. Под его руководством многие проходили и преддипломную практику в «Гипроторге».

Рассказывает Заслуженный архитектор РФ, член-корреспондент РААСН профессор ННГАСУ (1967–2021 гг.), окончивший архитектурный факультет Новосибирского инженерно-строительного института в 1959 г., Сергей Александрович Тимофеев: «В 1962 г. мы с Б. С. Нелюбиным прочитали в газете, что в г. Горьком требуются архитекторы, и приехали сюда и нача-



ли работать в «Гипрогорьковстрое» (в будущем «Горьковгражданпроект», «НижегородгражданНИИпроект») [3]. Позже уезжал работать в Вильнюс, где в это время складывалась великолепная практика архитектуры интерьеров. Вернулся в Горький в 1967 г. и начал преподавать на архитектурном факультете ГИСИ. Стал читать авторский курс лекций по интерьерам и вел архитектурное проектирование в группе 001. Помню всех, они были очень яркими: Н. Шишкова (Гоголева), И. Седова (Рымаренко), А. Бурмистров, К. Кудряшов, В. Ладыка, Г. Малков... Делали интересные работы: первые градостроительные проекты, общественные здания на воде, здания-паруса, разрабатывали сложные пространственные конструкции. Все сопровождалось тщательно выполненными макетами. А вообще, мне кажется, что и тогда и позже все годы в ГИСИ – ННГАСУ я не столько учил, сколько сам учился!»

...Дипломный проект на тему «Жилой комплекс на Окском откосе» Н. А. Гоголева выполняла под руководством профессора Ю. Н. Бубнова, который выбирал дипломников по итогам предварительной клаузуры. И не зря: проект был отмечен Дипломом I Степени на смотре-конкурсе лучших дипломных проектов!

Рассказывает доктор архитектуры, профессор кафедры архитектурного проектирования, член-корреспондент РААСН Ольга Владимировна Орельская: «Внимание к курсовым и дипломным проектам первого выпуска в вузе было огромным. Сдача проектов проходила в актовом зале. Студенты всех курсов и всех специальностей стояли на парадной лестнице, ожидая, когда откроются двери зала и можно будет пройти на выставку. Проекты выполнялись в прекрасной ручной графике, они вызывали не меньший интерес, чем живописные этюды и рисунки студентов-архитекторов, которые они выполняли на пленэре во время летней живописной практики. Первую защиту диплома студентом Геннадием Головым снимало горьковское телевидение. Это было событие и для нашего города».

Первые защита дипломных проектов части выпускников, распределившихся в проектный институт «Горьковгражданпроект», проходила в стенах этого проектного института.

Уже в те далекие годы в ГИСИ были заложен главный инструмент архитектурного образования – неразрывная связь архитектурной науки и архитектурной практики. Так, Сергей Александрович Тимофеев в нашей беседе цитировал высказывание Леонида Александровича Нифонтова тех лет: «Надо заниматься теорией и практикой одновременно, потому что если занимаешься одной теорией, то можно превратиться в схоласта. А если одной практикой, то не развиваешься профессионально». Первые преподаватели были людьми широкого круга знаний в разных областях исследований.

И уже тогда были заложены основные направления комплексных научных исследований, по которым при всем многообразии тем ведутся исследования наших ученых и их учеников из Нижнего Новгорода и других городов Российской Федерации:

- исторические исследования по формированию архитектурной среды городов и поселений;
- типологические исследования архитектуры зданий и сооружений с включением вопросов их реконструкции и модернизации;
- теоретические исследования архитектурного пространства.

С 2003 года в ННГАСУ работает диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям 2.1.11 – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия,



2.1.12 – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности при ННГАСУ, который объединяет вокруг ННГАСУ российских ученых, занятых исследованием актуальных проблем архитектуры. Председателем совета является доктор архитектуры, профессор, академик РААСН А. Л. Гельфонд, а ученым секретарем – кандидат архитектуры, профессор Н. А. Гоголева. И, конечно, мы часто говорим о ее пути в архитектурной науке.

Н. А. Гоголева: «Я окончила аспирантуру МАРХИ по кафедре живописи в 1983 году и защитила кандидатскую диссертацию на тему «Декоративные приемы в архитектуре кристаллических куполов и оболочек», научный руководитель заведующий кафедрой живописи МАРХИ, доктор архитектуры профессор Петр Петрович Ревякин, автор известной монографии «Техника акварельной живописи». Ведущей организацией выступала Строгановка – Московское высшее художественно-промышленное училище».

Это была диссертация, во многом опережающая свое время. Работа была подана на пленке в машинной графике, аспиранткой была создана новая программа для АРМ (автоматизированное рабочее место) проектировщика. Сначала аспирантка рисовала фрагмент модели на экране световым пером, затем – выходила на программирование, и графопостроитель с расчетом всех точек строил объект целиком, превращая его в полную сферу. Консультантом по этой сложной «прорывной» технологии был Виталий Александрович Львов – научный сотрудник института ЦНИИПРОЕКТ в Москве.

Позже Н. А. Гоголева стала одним из ключевых ученых горьковской школы куполостроения (рис. 8, 9 цв. вклейки), которая сложилась под руководством профессора Геннадия Николаевича Павлова и в которую входили Г. М. Голов (кристаллические купола и оболочки) и В. В. Зубков (стереометрические купола и оболочки). Это была не только теория, целый ряд куполов был реализован.

С благодарностью к нашим учителям

Н. А. Гоголева: «Я очень горжусь своими учениками, которые сейчас являются ведущими преподавателями ННГАСУ: С. В. Норенков, С. М. Шумилкин, А. Б. Дехтяр, А. С. Балаболкин, В. С. Дуцев, А. Л. Гельфонд».

Рассказывает профессор кафедры архитектурного проектирования ННГАСУ, кандидат архитектуры, член-корреспондент РААСН Александр Александрович Худин: «Первый выпуск специалистов... Наверное, им было труднее, чем кому-либо... Самое начало пути подготовки архитекторов, поиски подходов преподавания:

- опора на методические разработки МАРХИ, но еще не апробированные;
- привлечение к преподаванию опытных архитекторов-производственников, привыкших консультировать своих сотрудников, но которым теперь надо было учить архитектуру совсем молодых людей, мало что умеющих и слабо представляющих свою будущую деятельность;
- нехватка учебников, методичек, журналов, бедный, характерный для советского времени, информационный поток, и еще тысячи больших и маленьких проблем, типичных для начала любого нового дела...

Но и преподаватели, и студенты выдержали эти трудности становления, многократно усилили и развили то явление, которое мы сегодня с гордостью называем нижегородской архитектурной школой. Появление нового поколения людей, укорененных по своему рождению, воспитанных своеобразной средой Нижнего, с генетической принадлежностью к нижегородчине – это тот фундамент, который и позволяет говорить о формировании особенной региональной школы. От отдельных нижегородских-горьковских мастеров произошел переход к массивному



наполнению городского культурного сообщества архитекторами, растущему преобразованию художественных, проектных и организационных сфер городской жизни, новой среде обитания.

И, бесспорно, высокий уровень выпускных работ студентов первого выпуска, которые мы (следующие потоки) видели в архиве кафедры и на стенах института, показали, что первый преподавательский корпус доказал возможность и реальность существования архитектурной специальности в нашем городе, обеспечил ее дальнейшее процветание и появление десятков, сотен, тысяч новых нижегородских архитекторов.

Нашим учителям – талантливым зодчим и педагогам – слова благодарности за все, что они сделали для нас и родного города».

Профессор О. В. Орельская: «Событие, о котором идет речь в этой статье, носит не только внутривузовский характер. Первый выпуск архитекторов ГИСИ им. В. П. Чкалова пополнил ряды практикующих архитекторов не только г. Горького, но и ряда городов нашей огромной страны. Многие уехали по распределению и, отработав положенные три года, остались в проектных организациях, продолжив свой профессиональный рост. Некоторые вернулись в родной город. Талантливые выпускники, молодые архитекторы, стали работать вместе со своими учителями-наставниками в «Горьковгражданпроекте», «Промстройпроекте», «Волговятагропромпроекте» и других.

Преподавателями на выпускающей кафедре были ведущие архитекторы города, которые имели за своими плечами огромный опыт практической деятельности и десятки построенных зданий. Это стало отличительной особенностью зарождающейся местной нижегородской архитектурной школы, которая в 1990-е годы вышла на лидирующие позиции в российской архитектуре, завоевывая с тех пор высшие награды на ежегодных международных фестивалях «Зодчество» (включая и юбилейный 2021 г.!). Наши учителя стремились передать свои знания и опыт молодежи. Но, прежде всего, они смогли передать нам свою любовь к профессии».

Автор статьи искренне благодарит уважаемых коллег Н. А. Гоголеву, О. В. Орельскую, И. Г. Рымаренко, С. А. Тимофеева, А. А. Худина за разговор о первых годах становления архитектурной школы ГИСИ – ННГАСУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гельфонд, А. Л. Архитектурное образование в Нижнем Новгороде / А. Л. Гельфонд. – Текст : непосредственный // Архитектура. Строительство. Дизайн. – 2017. – № 2. – С. 46–54.
2. Архитектор Юрий Бубнов : каталог работ / вступительная статья О. В. Орельской ; Горьковский инженерно-строительный институт имени В. П. Чкалова. – Горький : ГИСИ, 1990. – 8 с. : 63 фот. – Текст : непосредственный.
3. Гельфонд, А. Л. Институт гражданского проектирования в Нижнем Новгороде / А. Л. Гельфонд, Ю. Н. Карцев. – Нижний Новгород : Промграфика, 2008. – 172 с. : ил. – ISBN 5-901915-07-0. – К 80-летию МП «Институт развития города «Нижегородгражданпроект».

GELFOND Anna Lasarevna, academician of RAACS, doctor of architecture, professor, holder of the chair of architectural design

**TO THE 50TH ANNIVERSARY OF THE FIRST GRADUATION OF
ARCHITECTS FROM GISI – NNGASU**



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: gelfond@bk.ru
Key words: architect, first graduation, GISI, NNGASU, teachers.

The article is devoted to a significant event – the 50th anniversary of the first graduation of architects from one of the leading architectural and construction universities of the country GISI – NNGASU. The structure of the article includes quotations from various essays by leading university teachers who play a key role in the formation of architectural education in the city of Gorky – Nizhny Novgorod. This allows us to highlight many aspects and specifics of the educational process. The article includes historical photographs from the personal archives of the students of the first class of 1966–1971.

REFERENCES

1. Gelfond A. L. Arkhitekturnoe obrazovanie v Nizhnem Novgorode [Architectural education in Nizhny Novgorod] // Arkhitektura. Stroitelstvo. Dizayn [Architecture. Construction. Design]. – 2017. № 2. P. 46–54.
2. Arkhitekto Yuriy Bubnov: katalog rabot [Architect Yuri Bubnov: catalogue of projects] / vstup. st. O. V. Orelskoy; Gorkovskiy inzhenerno-stroit. in-t im. V. P. Chkalova. – Gorky : GISI, 1990, 8 p.: 63 fot.
3. Gelfond A. L., Kartsev Yu. N. Institut grazhdanskogo proektirovaniya v Nizhnem Novgorode [Institute of Civil Engineering in Nizhny Novgorod]. – Nizhny Novgorod: Promgrafika, 2008. – 172 p.: il. – ISBN 5-901915-07-0. – К 80-letiyu MP “Institut razvitiya goroda “Nizhegorodgrazhdanproekt”.

© А. Л. Гельфонд, 2021

Получено: 08.10.2021 г.

УДК 72.036 (470.341-25)

О. В. ОРЕЛЬСКАЯ, чл.-корр. РААСН, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования

ТОМСКИЕ АРХИТЕКТОРЫ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: arch@nngasu.ru

Ключевые слова: архитектура, творчество, архитекторы, Томск, Нижний Новгород, дореволюционный период, советская архитектура.

Приведен краткий аналитический обзор творчества трех томских архитекторов, которые оставили свой заметный след в архитектуре Нижнего Новгорода в дореволюционный период в конце XIX века и советской архитектуре в виде проектирования и строительства жилых и общественных зданий, обогативших архитектурный облик города.

В разные исторические периоды город Нижний Новгород застраивался не только местными архитекторами, но и зодчими, которые либо приезжали из других городов и оставались здесь, так и теми, чьи проекты оказывались победите-



лями всероссийских архитектурных конкурсов, и по ним возводились отдельные объекты, в основном знаковые для города в свое время. С Нижним Новгородом оказались связаны своим творчеством томские архитекторы. Один из них, архитектор Константин Константинович Лыгин, оставил свой след в дореволюционный период. Два других архитектора окончили архитектурный факультет Сибирского технологического института им. Ф. Э. Дзержинского в эпоху светского авангарда. Это архитекторы: И. Ф. Нейман и Л. А. Нифонтов. Судьба объединила всех трех вышеназванных архитекторов в Томске, в стенах архитектурного факультета: профессор К. К. Лыгин был руководителем курсовых и дипломных проектов у обоих будущих горьковских (нижегородских) архитекторов. Леонид Нифонтов получил диплом об окончании в 1928 г., а Иван Нейман – в 1932 г. Начиная с 1930-х годов, они успешно работали в Нижнем.

Архитектор **Константин Константинович Лыгин** (1854–1932) (рис. 1 цв. вклейки) стоял и у истоков архитектурного образования в Сибири, преподавал в Томском технологическом институте (ныне Томский политехнический университет), передавая свой профессиональный опыт не одному поколению студентов [1, с. 9]. К. К. Лыгин учился с 1870 по 1879 гг. в Императорской Академии Художеств на архитектурном отделении. Свою профессиональную деятельность он начал в Петербурге в качестве помощника у профессора В. А. Шретера – главного архитектора императорских театров России. В частности, академик Виктор Александрович Шретер – автор городского театра в Нижнем Новгороде, который он построил в 1896 году к открытию Всероссийской промышленной и художественной выставки. В 1895 г. Лыгин К. К. дал согласие на предложение занять должность архитектора при управлении строительства Средне-Сибирской железной дороги, которое находилось в Томске. С сентября 1900 г. К. К. Лыгин преподает в только что открывшемся Томском технологическом институте [1, с. 12]. В историческом центре г. Томска по проектам архитектора К. К. Лыгина построены крупные общественные здания (общественное собрание, казенная палата, окружной суд, коммерческое училище, ипподром, отделение госбанка и др.), торговые дома, особняки, которые оказали непосредственное влияние на формирование архитектурно-художественного облика центра Томска конца XIX – начала XX столетий.

В 1880 году Санкт-Петербургским Обществом архитекторов был объявлен Всероссийский конкурс на проектирование **здания реального училища в Нижнем Новгороде**, т. к. город в то время становится одним из крупнейших фабрично-заводских центров страны. В связи с этим возникла настоятельная необходимость в подготовке инженерно-технических кадров для промышленных предприятий. В результате конкурса из 17 представленных проектов первое место получил проект К. К. Лыгина, который в 1885 году и был осуществлен строительством на центральной улице города – Большой Покровской, 37 (рис. 2 цв. вклейки). Фасады и планы этого проекта были опубликованы в журнале «Зодчий» за 1881 г. Надзор за строительством осуществлял нижегородский архитектор Н. Д. Григорьев. Открытие училища произошло 4 августа 1885 года в присутствии членов императорской семьи. «В память присутствия на торжестве освящения Великого князя Владимира Александровича и супруги его Великой княгини Марии Павловны училище названо «Владимирским» [2, с. 183]. Здание бывшего реального училища отступает от красной линии застройки центральной улицы города. Перед ним еще в XIX веке был разбит партерный сквер. Если для периода эклектики второй половины XIX века было свойственно уплотнение го-



родской ткани в историческом центре, то постройка Лыгиным этого здания нарушает сплошной фронт коридорной застройки улицы, что впоследствии повлияло на дальнейшее использование удачного градостроительно-композиционного приема на главной улице города (для здания городского театра, здания Окружного суда, а в советское время и здания Художественных промыслов и кинотеатра «Октябрь»). Здание училища – трехэтажное, кирпичное, оштукатуренное с подчеркнутой осью симметрии. По оси расположен вход с крыльцом и металлическим навесом, который опирается на четыре изящные чугунные колонны. На плоскости главного фасада центральная часть выделена двумя боковыми, слегка выступающими из стены ризалитами. По второму этажу здание имеет семнадцать световых осей. В центральной части (между ризалитами): актовый зал высотой в два этажа выделен большими полуциркульными окнами, а на третьем этаже – сдвоенными арочными окнами меньших размеров. В простенках между окнами второго этажа имеются пилястры с капителями ионического ордера, в простенках между окнами третьего этажа пилястры имеют капители тосканского ордера. По оси оконных проемов первого этажа имеются замковые камни. Окна в боковых частях главного фасада в верхней части обозначены прямыми сандриками, все окна обрамлены профилированными рамками. Сдвоенные пояски отделяют по горизонтали этажи. Первый этаж рустован и имитирует кладку из естественного тесаного камня, что придает зданию большую репрезентативность. Архитектура этого здания относится к стилизаторству и отражает соприкосновение с европейским классицизмом в эпоху Возрождения. Можно отметить умеренность в декорировании и хороший вкус мастера. К. К. Лыгин был архитектором с прекрасным знанием мировой и отечественной истории архитектуры, что позволяло ему мастерски работать в разных стилях в эпоху эклектики, которую справедливо называют «эпохой выбора». Мастер создал в Нижнем Новгороде, безусловно, первоклассное художественное архитектурное произведение, отличающееся прекрасными пропорциями, целостностью общего решения. Его произведение – ныне объект культурного наследия регионального значения [3, с. 3–6] и является одним из корпусов Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.

Познакомившись с творчеством К. К. Лыгина в Нижнем, обратимся к творчеству его учеников. **Леонид Александрович Нифонтов** (1904–1979) (рис. 3 цв. вклейки) родился в г. Костроме в семье священника. Сначала он учился в Костромском практическом землеустроительном институте, в 1923 году поступил на инженерно-строительный факультет Иваново-Вознесенского политехнического института. В 1923 году перешел на учебу в Сибирский технологический институт им. Ф. Э. Дзержинского на инженерно-строительный факультет по архитектурной специальности. Дипломный проект «Дом печати для г. Н. Новгорода» был выполнен им в 1928 году. По окончании института Леонид работал архитектором, руководителем проектной группы строительного отдела Управления внутренних водных путей Волжского бассейна в Нижнем Новгороде (г. Горьком). С 1933 по 1941 гг. – в Горьковской конторе промышленного проектирования («Облпромпроект»). В сентябре 1941 года Л. А. Нифонтов стал участником Великой отечественной войны. Окончив курсы усовершенствования командного состава при Военно-инженерном училище в Архангельске, он в 1942–1943 гг. служил в инженерных частях действующей армии. После войны работал в архитектурно-планировочной мастерской Горьковского горсовета, которая в 1951 году была переименована в Горьковскую городскую контору «Горпроект», а затем в

К СТАТЬЕ О. В. ОРЕЛЬСКОЙ
«ТОМСКИЕ АРХИТЕКТОРЫ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ»



Рис. 1. К. К. Лыгин (1854–1932)



Рис. 2. Реальное училище в Нижнем Новгороде, арх. К. К. Лыгин, 1885 г.

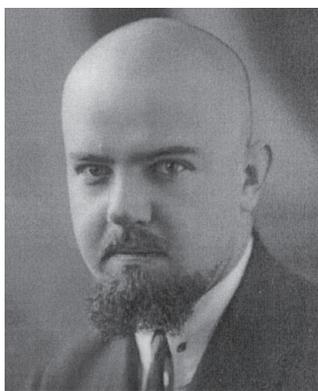


Рис. 3. Л. А. Нифонтов (1904–1979)



Рис. 4. Биофак мединститута, 1955 г.



Рис. 5. Административный корпус, 1953 г.



Рис. 6. Административное здание, 1953 г.



Рис. 7. Жилой дом на пр. Гагарина, 1956 г.

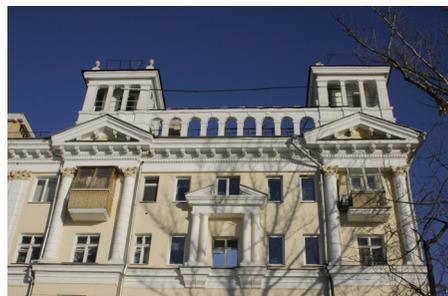


Рис. 8. Жилой дом с кинотеатром, 1956 г.



проектный институт «Гипрогорьковстрой», где Л. А. Нифонтов с 1957 года был назначен главным архитектором. За время работы в проектных организациях Л. А. Нифонтов выполнял авторскую работу, проектируя жилые, гражданские и промышленные здания [4]. Среди них: здание биофака медицинского института им. С. М. Кирова на пр. Гагарина, 70 (1952–1955 гг.), которое решается на основе классицистической схемы (рис. 4 цв. вклейки). По главной оси симметрии располагается крупный шестиколонный портик, выступающий из плоскости фасада. Здесь архитектор разрабатывает свой вариант декорирования капителей дорического ордера, привносит в решение архитрава авторскую тему лучковых арок. **Административно-лабораторный корпус завода им. Ленина пр. Гагарина, 37, построенный Л. А. Нифонтовым в 1953 г.** (рис. 5 цв. вклейки), имеет протяженный трехэтажный корпус, идущий вдоль проспекта. В простенках между окнами расположены плоские пилястры. Линия карниза прерывается ритмом треугольных фронтонов. Здание Г-образное в плане, на месте пересечения двух корпусов, обладает мощным портиком, состоящим из четырех пар сдвоенных колонн квадратного сечения, идущих на высоту трех этажей. На четвертом этаже над ним имеется лоджия-терраса, карниз над которой поддерживают сдвоенные столбы с прямоугольными вертикальными филенками с геометрическим орнаментом. Архитектура здания демонстрирует обращение к упрощенному, но монументальному варианту неоклассики. Трехэтажное **административное здание на ул. Совнаркомовской, 21** (рис. 6 цв. вклейки) занимает угловое положение. Его срезанный по плавной дуге угол образует одноосный главный фасад, по оси симметрии которого расположен вход. Этот фасад имеет сдвоенные пилястры с капителями авторского рисунка, являясь вариацией на тему сложного ордера. Первый этаж рустован. В простенках между окнами второго и третьего этажей боковых крыльев здания на высоту этих этажей идут пилястры. Окна второго этажа украшены прямыми сандриками, а в прямоугольных нишах под окнами имеется ряд балясин. По оси окон первого этажа – замковый камень. Карниз по периметру здания поддерживается кронштейнами. Облик здания вызывает ассоциации с европейской архитектурой эпохи Возрождения. При решении фасада пятиэтажного **жилого дома на пр. Гагарина, 114** (рис. 7 цв. вклейки) архитектор в 1956 г. обращается к мотивам русского классицизма. Четыре ризалита метрически члечат главный фасад. В верхних этажах они дополнены четырехколонными портиками с треугольными фронтонами, формирующими силуэт здания. Тяжелые каменные русты нижних этажей также участвуют в создании архитектурного облика. В 1956 году заканчивалось строительство и пятиэтажного **жилого дома с кинотеатром «Искра» по улице Октябрьской революции, 21/96** (рис. 8 цв. вклейка). На главном фасаде по ул. Июльских дней боковой ризалит на верхних этажах дополнен двумя портиками с колоннами сложного ордера. Над ризалитом имеются два бельведера в виде башен с колоннами квадратного сечения. Обе башенки соединены легкой аркадой, что делает здание акцентным на пересечении улиц [5]. В 1950-е годы Л. А. Нифонтов активно включился в работу по внедрению индустриальных методов строительства, он был одним из инициаторов экспериментального крупноблочного строительства в городе Горьком. С 1960 по 1979 гг. года вел педагогическую работу в должности доцента ГИСИ. Он увлеченно читал студентам курс лекций по советской и зарубежной архитектуре. Активное участие принимал Л. А. Нифонтов в работе Горьковского отделения Союза архитекторов СССР, членом которого он состоял с 1936 года. Он был членом строительной секции технико-экономического совета ГСНХ, членом секции по охране и изучению памятников архитектуры при Горьковском отделе-



нии Союза советских архитекторов, председателем Совета организации НТО строительной индустрии при ГИСИ им. В. П. Чкалова. Горьковский архитектор **Иван Федорович Нейман** (1899–1968) (рис. 9 цв. вклейки) также был учеником К. К. Лыгина. В его личном архиве сохранились курсовой проект административного здания и дипломный проект на тему «Сибирский краевой физио-бальнеотерапевтический институт и лечебница в г. Томске» (рис. 10 цв. вклейки). Проекты были выполнены в духе времени, в новом стиле – конструктивизме, который порывал со стилистическим наследием прошлого. Его проекты конструктивистических зданий 1920-х годов вполне соотносятся с проектами столичных мастеров архитектуры. С 1929 по 1933 г. И. Ф. Нейман работал в архитектурно-строительном отделе Уралпроекта в г. Свердловске, где по его проекту в 1930 г. было построено здание драматического театра в стиле конструктивизм. В этой же стилистике были осуществлены жилые дома для рабочих завода «Кожсуррогат» (1934 г.). Профессионализм молодого архитектора демонстрирует и сохранившийся в личном архиве проект Казанского мединститута, который был последним конструктивистическим проектом И. Ф. Неймана, выполненным в завершающую эпоху советского авангарда. В начале 1930-х годов произошла смена идеологии в стране, оказавшей влияние на изменение стилистической направленности в архитектуре. В личной жизни И. Ф. Неймана также происходит важное событие: в 1934 году он переезжает в г. Горький, где с 1934 по 1941 гг. ему предстояло работать в архитектурной мастерской № 3 Горсовета. Здесь в 1935 и 1936 гг. он проектирует жилые и общественные здания под руководством московского архитектора А. Ф. Жукова – ученика академика архитектуры А. В. Щусева. С этого времени отмечается переход архитектора на позиции постконструктивизма. В 1936 году И. Ф. Нейман становится членом Союза архитекторов и избирается в состав правления горьковского отделения. В 1935–1936 гг. архитектор И. Ф. Нейман выполняет реконструкцию только что построенного в конструктивизме в г. Горьком грандиозного здания **индустриального института**, авторами которого являлись московские архитекторы: Д. Н. Чечулин и арх. Н. В. Гофман-Пылаев (1931–1934 гг.). Трехэтажный комплекс занимает значительную часть квартала в центральном районе города. Один из фасадов выходит на набережную. Композиционным стержнем служит главный протяженный вдоль ул. Минина корпус. От него отходят параллельно четыре коротких корпуса, выходящие торцами на улицу. Они образуют между собой озелененные дворики для отдыха. В архитектурной композиции значительную роль играет входная часть со стеклянным витражом-экраном над пятью входными проемами на первом этаже. Но уже через несколько лет после окончания строительства, следуя изменениям стилистической направленности, архитектор И. Ф. Нейман вносит существенные изменения в облик здания: к **фасаду по набережной** – колонны квадратного сечения, увенчанными скульптурными фигурами (рис. 11 цв. вклейки). Простое ограждение заменяется фигурными балясинами, подпорная стенка украшается вазонами. Один из вариантов проекта реконструкции (1935 г.) предполагал вдоль ул. Минина между торцами коротких корпусов установить колоннады, увенчанные массивными шарами, чтобы закрыть дворы-курдонеры и придать уличному фасаду большую монументальность. Но этот кардинальный замысел не получил реального воплощения (рис. 12 цв. вклейки). В результате реконструкции здание приобрело черты обогащенного конструктивизма. В 1930-е годы Нейман выполняет проекты ряда индивидуальных жилых домов, среди которых выделяется своим монументальным обликом пятиэтажный шестисекционный **дом Стахановцев завода «Красное Сормово» на ул. Коминтерна, 168** (1936–1939 гг.). Это



репрезентативное здание (рис. 13 цв. вклейки), где угловые лоджии дополнены колоннами ионического ордера, а четвертый и пятый этажи дома в простенках между окнами украшены ионическими пилястрами. Здание венчает профилированный карниз, поддерживаемый кронштейнами и высокий глухой парапет с рядом лопаток. Первый этаж и угловые части здания рустованы. Здесь видно, что в конце 1930-х годов в архитектуре г. Горького намечаются первые шаги к освоению классического наследия. Украшением Верхневолжской набережной стал **жилой шестисекционный дом № 19 Горькомстроя** (арх. И. Ф. Нейман, 1938–1939 гг.). Это крупное пятиэтажное здание, Г-образное в плане, завершено высоким аттиковым этажом (рис. 14 цв. вклейки). Здание имеет профилированный карниз с кронштейнами. Угол дома со стороны набережной подчеркнут ризалитом, над которым возведен парапет в виде столбиков, между которыми имеются фигурные балясины. Три нижних этажа рустованы под крупную «циклопическую кладку» и отделены от верхних этажей профилированным поясом. По уличным фасадам в верхних этажах проходит тема сдвоенных плоских пилястр. Автор считал, что жилые дома, формирующие ответственные магистрали и набережные города, должны иметь более строгую «официальную» архитектуру. «Я решаю дом простым нерасчлененным объемом, подобно тому, как решался дом раннего Ренессанса» [6, с. 41]. На рассмотренных проектах и постройках 1920–1930-х годов архитектора А. Ф. Неймана видны тенденции, связанные, с усилением декоративного начала в решении поверхностей фасадов и монументализации зданий. Значимые для города жилые и общественные здания в г. Горьком в рассматриваемый период выполнялись с обязательным применением терразитовой штукатурки (с использованием мраморной или гранитной крошки) для придания им большей фактурности и солидности. Архитектурные детали и формы носили интерпретационный авторский характер. Такие черты советской архитектуры, возникшие в конце 1930-х годов: как парадность, монументальность, симметричность и декоративность – продолжили свое развитие и в 1940–1950-е годы. Советский неоклассицизм послевоенных лет был призван отражать пафос Победы советского народа в Великой Отечественной войне. С 1942 по 1956 годы архитектор И. Ф. Нейман работает в Облпроекте в г. Горьком. Одним из значительных зданий, возведенных И. Ф. Нейманом в послевоенное десятилетие (в 1952 г.), стал **Торфяной техникум в Балахне Горьковской области** (ныне политехнический колледж) на ул. Дзержинского, 21 (рис. 15 цв. вклейки). Трехэтажное здание главным симметричным фасадом в 21 световую ось формирует центральную магистраль города. Оно выполнено в стиле советского неоклассицизма. В плане здание имеет вид буквы «П». Центральный вход подчеркнут шестиколонным портиком коринфского ордера, который расположен в центральном ризалите и поднят на своеобразный подиум первого этажа. Портик завершен треугольным фронтоном с зубчиками. Первый этаж рустован квадратным рустом. В личном архиве зодчего имеются фотографии с проектов и построек 1940–1950-х годов. Среди них: проект жилого дома для работников горьковского лесохимического комбината (1948 г.); фотографии жилого восемнадцатиквартирного дома в г. Дзержинске (1950 г.); проект Промышленно-экономического техникума (1952 г.) на углу ул. Октябрьской революции и ул. Менделеева; проект площади у клуба завода «Теплоход» (1950 г.) [7].

Творчество архитекторов, приехавших в Нижний Новгород из Томска, пришлось на сложные периоды становления и развития советской архитектуры 1930–1950-х годов, которые характеризовались быстрыми сменами стилистических течений: от советского авангарда 1920–1930-х, через постконструктивизм 1930-х к



ретроспективным поискам 1940–1950-х годов. Л. А. Нифонтов и И. Ф. Нейман оставались друзьями всю жизнь. Своими поисками они откликались на новые веяния в архитектуре, их творческое наследие свидетельствует об архитектурном таланте. Среди работ архитекторов есть постройки, которые можно отнести к лучшим произведениям отечественной архитектуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романова, Л. С. Творчество архитектора Константина Лыгина в Томске / Л. С. Романова; Томский областной краеведческий музей. – Томск : Д-Принт, 2004. – 193 с. – ISBN 5-902514-12-6. – Текст : непосредственный.
2. Справочная книга по Нижегородскому общественному управлению / М. Пушкарев. – Нижний Новгород : Изд. М. Пушкарева, 1908. – 312 с. – Текст : непосредственный.
3. Худин, А. А. Творчество томского архитектора К. К. Лыгина в Нижнем Новгороде / А. А. Худин. – Текст : непосредственный // Нижегородский проект. – 2007. – № 3. – С. 3–6.
4. Центральный архив Нижегородской области (ЦАНО). Фонд 404. Опись 1. Р-6361.
5. Орельская, О. В. Стиль Победы в архитектуре города Горького / О. В. Орельская. – Нижний Новгород : Кварц, 2015. – 33 с. – ISBN 978-5-906698-21-6. – Текст : непосредственный.
6. Нейман, И. Ф. Творческий отчет / И. Ф. Нейман. – Текст : непосредственный // Горьковский архитектурный бюллетень. – Горький, 1940. – С. 41.
7. Орельская, О. В. Творчество архитектора Ивана Федоровича Неймана (1899–1968) / О. В. Орельская. – Текст : непосредственный // Теория и история архитектуры : V Хан-Магомедовские чтения. – 2020. – С. 249–269.

ORELSKAYA Olga Vladimirovna, corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design

TOMSK ARCHITECTS IN NIZHNY NOVGOROD

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: arch@nngasu.ru

Key words: architecture, creativity, architects, Tomsk, Nizhny Novgorod, pre-revolutionary period, Soviet architecture.

The article provides a brief analytical overview of the work of three Tomsk architects who left their mark on the architecture of Nizhny Novgorod in the pre-revolutionary period at the end of the XIX century and Soviet architecture in the form of design and construction of residential and public buildings that enriched the architectural appearance of the city.

REFERENCES

1. Romanova L. S. Tvorchestvo arkhitektora Konstantina Lygina v Tomske [Works of architect Konstantin Lygin in Tomsk]; Tomskiy oblastnoy kraevedcheskiy muzey. – Tomsk : D-Print, 2004, 193 p. – ISBN 5-902514-12-6.
2. Spravochnaya kniga po nizhegorodskomu obschestvennomu upravleniyu [Handbook of the Public Administration of Nizhny Novgorod]. Nizhny Novgorod : Izd. M. Pushkaryova, 1908, 312 p.
3. Khudin A. A. Tvorchestvo tomskogo arkhitektora K. K. Lygina v Nizhnem Novgorode [Works of Tomsk architect K. K. Lygin in Nizhny Novgorod]. Nizhegorodskiy projekt, 2007, № 3. P. 3–6.
4. Tsentralny arkhiv Nizhegorodskoy oblasti [Central archives of the Nizhny Novgorod



region] (TsANO). F. 404. Op. 1. R-6361.

5. Orejskaya O. V. Stil Pobedy v arkhitekture goroda Gorkogo [Victory style in the architecture of the city of Gorky]. Nizhny Novgorod: Kvarts, 2015. – 33 p. – ISBN 978-5-906698-21-6.

6. Neyman I. F. Tvorcheskiy otchyot [Creative report] // Gorkovskiy arkhitekturny byulleten [Gorky architectural bulletin]. Gorky, 1940. P. 41.

7. Orejskaya O. V. Tvorchestvo arkhitekтора Ivana Fyodorovicha Neymana (1899–1968) [Creativity of architect Ivan Fyodorovich Neyman (1899–1968)] // Teoriya i istoriya arkhitekturny [Theory and history of architecture] : V Khan-Magomedovskie chteniya, 2020. P. 249–269.

© **О. В. Орельская, 2021**

Получено: 06.09.2021 г.

УДК 72.05

Г. Ф. ГОРШКОВА, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования

АРХИТЕКТУРНАЯ ПРОЕКЦИЯ ВРЕМЕНИ В ПРОСТРАНСТВЕ ЗЕМЛИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: arch@nngasu.ru

Ключевые слова: проекционная структура пространства; архитектурное пространство во взаимодействии человека и планеты Земля.

Через проекционную графику показана система взаимодействия человека, планеты и архитектуры. Историческая картина архитектурного развития зданий и сооружений объясняет механизм пространственно-временной эволюции в архитектуре. Человек и Земля через форму и сущность своего тела, будучи различными по масштабу, одинаковым образом способствуют жизненному обустройству Планеты.

В слове «пространство» соединяются две понятийные части: первая частица «про», пришедшая из латинского «рго-» и выражающая понятия «перед», «раньше», «вместо»; вторая часть – от русского слова «сторона», дающая понятие некоей направленности, например, «сторона света». Таким образом, полноценная структура светового пространства вписывается в треугольник, своими линиями означающий для человека конечность видимого трехмерного пространства «белого света». Слово «проекция», исходя из латинского слова «ргоестіо», имеет буквальный смысл как «бросание вперед», или изображение, полученное оптическим способом. В белом световом потоке, помимо основных уровней трансцендентной цветовой радуги, возникают дополнительные горизонтальные уровни, которые достигают границ видимого пространства и перенаправляются вертикально сверху вниз на проективную поверхность. Из рис. 1 цв. вклейки видно, что габариты тела человека, а также его внутренние структурные части пронизаны проективными потоками, нисходящими также с уровней, не подвластных «земному» сознанию человека и формирующих его религиозное (непознаваемое) пространственное состояние.

Многоцветная пирамида световой проекции, проявленная графически, по-



звolyает вычленить в ней несколько основных смысловых блоков и определить структурную иерархию пространственной жизнедеятельности человека (рис. 2 цв. вклейки), ибо «знание о структурах и процессах жизни уже присутствует везде, даже там, где для ее развития нет природных условий, но она заключена в иных, более тонких слоях многослойного системного мира» [1, с. 120].

Современная структура жизненного пространства включает следующие структурно-смысловые блоки, определяющие характер пространственного взаимодействия с деятельностью человека, и это: 1) *логистика и форма движения*, управляющая человеком на подсознательном уровне, включая его память, кодирование, гармонизирующую матрицу, рефлексии, равновесие, синхронизацию, распределение, актуализацию и силу; 2) *эмоционально-чувственная реализация* жизненного потенциала на сердечно-витальных (от зеленого до красного) уровнях формообразования; 3) *интеллектуальное осмысление* пространства через зримо-образное восприятие и выражение; 4) *одухотворение пространственного сознания*, соединяющего Небо и Землю, поскольку «задача архитектуры – структурирование пространства по определенным законам. По этим законам постройка должна находиться в гармонии с тем пространством, в котором существует: и земным, и небесным. Как музыку следовало проверять алгеброй, так архитектуру проверяли геометрией» [2, с. 591]; 5) *идеальное (религиозное) управление* пространственными законами, ибо «архитектурный образ имеет религиозный, магический смысл, отчасти понятный всем, отчасти скрытый от широких масс и доступный только немногим» [3, с. 205]; 6) *идеологическая (символическая) власть* пространства, ибо «архитектор является хранителем огромного геометрического культурного опыта, собранного в своеобразном «празыке» человечества – языке универсалий» [4, с. 12].

Проекционная модель глобуса Земли (рис. 3 цв. вклейки) обнаруживает два важных фактора во взаимодействии планеты и человека. Во-первых, сфера пространственного сознания в обоих случаях имеет общую геометрию взаимодействия как окружность и ее центр. Во-вторых, духовная сфера планеты имеет меньший радиус, чем сфера пространственного сознания, и для человека она есть предел понимания законов объективного формообразования в трехмерном пространстве. При этом пространственное формообразование пространственного связано как с уровнем (сине-голубой) зримой выразительности информационной проекции света, так и с актуализацией (желто-оранжевый) момента времени со стороны воздействия бессознательного фактора физических ощущений.

Через сферический контур планеты происходит также сопряжение акта зримой выразительности с золотым уровнем, нисходящим свыше из идеальной части пространства и отвечающим за гармонизацию всех уровней ментальных процессов. Через визуальную выразительность пространственная форма осознается как актуальное проявление акта физического движения в пространстве. На южном полюсе пространственного тела планеты движение находится на равновесном уровне гравитации, который суммирует трансцендентное влияние других слагаемых уровней, воздействующих через ощущения и телодвижения, а именно: синхронизации, ориентации, актуализации момента времени, силовой активности, формализации.

Во-вторых, можно видеть (рис. 4 цв. вклейки) зафиксированный во времени момент пространственной взаимосвязанности человека и архитектуры в качестве связующих звеньев эволюционного развития планеты Земля. Это здание, построенное в I в. новой эры, может служить первоочередным примером структурной

**К СТАТЬЕ Г. Ф. ГОРШКОВОЙ
«АРХИТЕКТУРНАЯ ПРОЕКЦИЯ ВРЕМЕНИ
В ПРОСТРАНСТВЕ ЗЕМЛИ»**

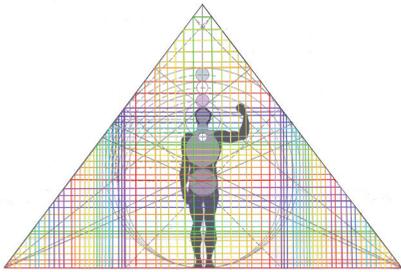


Рис. 1. Человек в световой структуре пространства

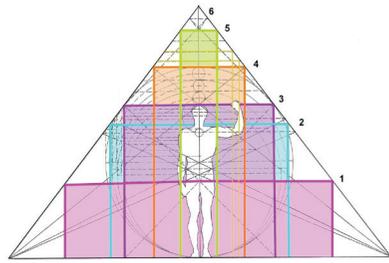


Рис. 2. Иерархическая структура пространства жизнедеятельности человека

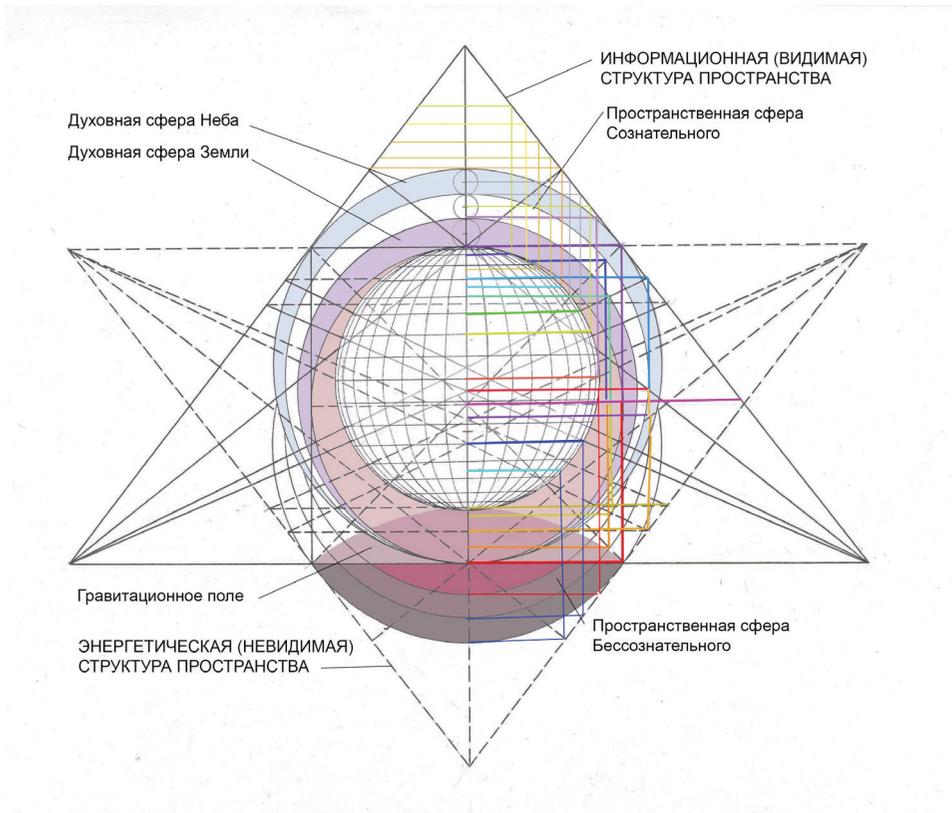


Рис. 3. Структурная геометрия пространства Земли

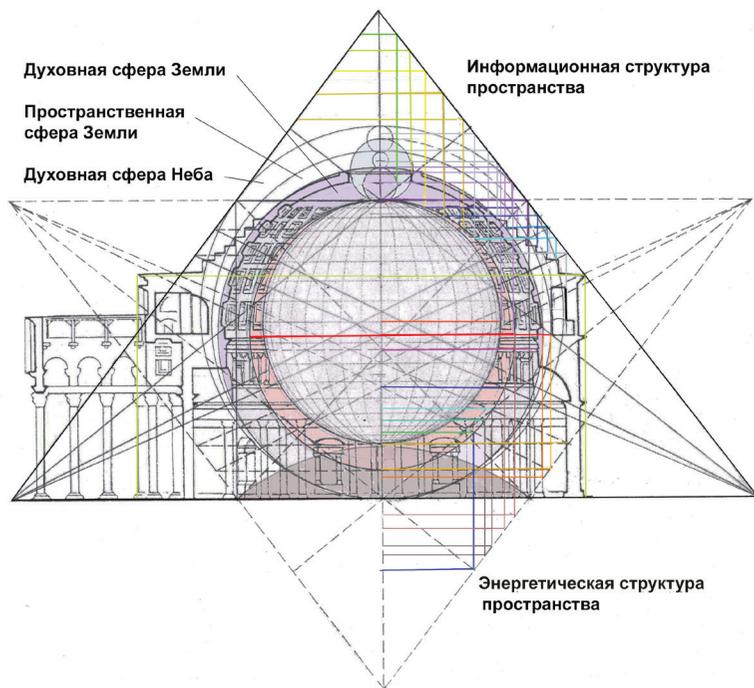


Рис. 4. Структурное совмещение глобуса Земли и здания Римского Пантеона (разрез)

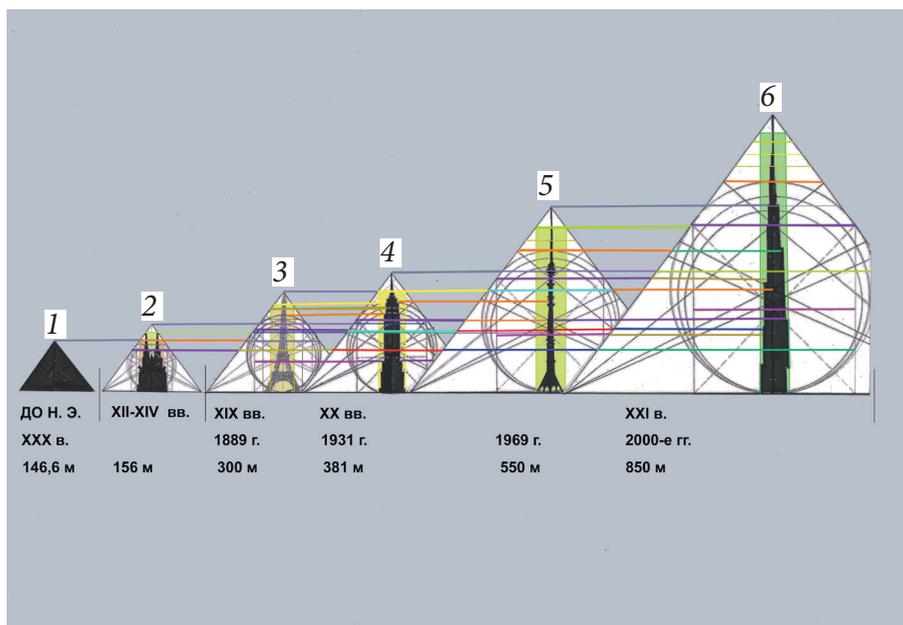


Рис. 5. Пространственно-временная эволюция зданий и сооружений на Земле



разработки сферической формы. Циркульная форма в предыдущих эпохах архитектурной истории, особенно в эпоху античности, была освоена на идеальном и материальном уровнях, хотя «до сих пор отсутствует объяснение того, каким образом и кем была проградуирована окружность» [5, с. 86].

Совмещение профильных проекций глобуса Земли и здания Пантеона позволило увидеть тот самый момент проявления взаимосвязанности материальной формы и новой ступени духовного развития человечества. Замечательно, что виртуальная проекция формы глобуса осуществилась на внутреннюю поверхность купола, в то время как внешнее построение объема сложилось исходя из более доступного на тот момент ступенчатого наложения плоских колец.

Для совместимости внутренней структуры купола здания и контура глобуса сначала образовалась переходная виртуальная информационная сфера, геометрический центр которой точно совпал с точкой пересечения двух медиан (красный уровень), ответственной за формообразование в осознаваемой части пространства. Эта промежуточная сфера соединила собой уровень фиксированного знания и уровень в нижней части, определяющий актуальность процессов, влияющих на вселенское движение планеты. При этом произошло, очевидно, сжатие трансцендентной энергетической сферы, ее отрыв от точки, отвечающей за форму бессознательного движения.

В этой верхней части глобуса идеальный циркульный контур обеспечивается проекцией из высоких сфер небесных, т. е. непознаваемых частей пространства. Через отверстие вверху купола обеспечивается трансцендентное перетекание «небесных сфер» и их соединение с информационным полем Земли. Поскольку архитектура «это материализованная и ориентированная геометрия, в которой изменяется не только какой-нибудь один материал, но и направление приложения сил меняет всю систему в корне» [6, с. 130], то можно сказать, что в архитектуре «человек как бы создает свою новую идеальную природу» [там же, с. 163]. Так, Пантеон, как здание храмового назначения, перешагнув линейные пределы привычного кубического мира, впервые создал сферическое представление о материальной и духовной сфере Земли, и этот отпечаток времени, зафиксированный в архитектурной форме, определил новый вектор развития человечества на все долгие 2000 лет. Только в последние 500 лет эта идеальная форма стала осмысливаться и осваиваться на архитектурном, мировоззренческом, инженерно-конструктивном уровнях, но уже в новых технических и технологических условиях.

Пространственно-временная эволюция зданий и сооружений (рис. 5 цв. вклейки) подтверждает, что материальный мир – это только «проявленный мир, осязаемый, видимый его существами мир. Духовный же мир – не проявленный, невидимый для материальных существ, и его они могут фиксировать опосредованно, по некоторым физическим нюансам, которые наблюдаются только тогда, когда известно о возможности их проявления» [5, с. 45]. Так, если в качестве маркера, фиксирующего моменты в рамках 5000 лет исторического времени, принять наибольшую высоту здания или сооружения, то легко увидеть картину архитектурно-пространственного, технологического и гуманитарного развития человечества. Поступательное освоение пространственных высот иллюстрируют известные примеры архитектурной истории: 1) Пирамида Хеопса, Египет; 2) Кельнский собор, Германия; 3) Смотровая Эйфелева башня в Париже, Франция; 4) Эмпайр Стэйт билдинг в Нью-Йорке, США; 5) Смотровая телебашня в Останкино, Москва; 6) Небоскреб Бурдж-Дубай, Дубай.

Первое высотное сооружение (1, рис. 5 цв. вклейки), с которого 5000 лет на-



зад началась известная нам цивилизация на Земле, это «Египетский священный треугольник – прямоугольный, со сторонами 3, 4, 5 – единственный прямоугольный треугольник, стороны которого выражаются в целых числах. По-видимому, именно это свойство данного треугольника, открытое жрецами Египта и имеющее большое практическое значение для построения прямого угла, было главной причиной признания его священным» [3, с. 205].

Эти священные свойства, скрытые в теле пирамиды, проявляются как структура пространственной проекции в ряду представленных и названных выше высотных объектов – зданий и сооружений. Все они своей высотой закрепляют определенный исторический момент в поступательном развитии пространственного сознания человека. Известная мифология о попытке строительства Вавилонской башни объясняет несостоятельность человечества в материальном и духовном смыслах на момент до прихода новой эры в истории человечества. Духовное устремление на пути к сакральным небесам отмечено дошедшими до нас памятниками позднего средневековья. Кельнский собор (2, рис. 5 цв. вклейки) вершинами своих башен преодолевает небесную границу и осуществляет выход в сакральную зону религиозного сознания. Время растягивается на целых 500 лет, прежде чем сакральные знания периода церковных башен соединяются с уровнем пространственного мышления, и тогда Эйфелева башня (3, рис. 5 цв. вклейки) предстает перед людьми как ажурный «скелет» пространственного феномена, показывая преимущество индустриальных строительных технологий и возможностей пространственного формообразования. И только недавно прошедший двадцатый век, трижды достигая рекордные отметки высоты, определил границы бытийного пространства, поставив при этом вопрос о пределах физического и комфортного пребывания в «небесах» для человека, а не только в качестве символа технической власти над земным пространством.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Длясин, Г. Г. Азбука Гермеса Трисмегиста или молекулярная тайнопись мышления / Г. Г. Длясин. – Изд. 2-е, испр. – Москва : Белые альвы, 2002. – 144 с. – (Серия «Открытия XXI века»). – ISBN 5-94355-292-8. – Текст : непосредственный.
2. Шейнина, Е. Я. Энциклопедия символов / Е. Я. Шейнина. – Москва : АСТ, 2003. – 591 с. – ISBN 5-17-010659-9. – Текст : непосредственный.
3. Брунов, Н. И. Очерки по истории архитектуры. В 2 т. Т. 1 / Н. И. Брунов. – Москва : Центрополиграф, 2003. – 527 с. – ISBN 5-9524-0111-2. – Текст : непосредственный.
4. Боков, А. В. Геометрические основания архитектуры в картине мира : специальность 18.00.01 : автореферат диссертации доктора архитектуры / А. В. Боков ; Рос. академия архитектуры и строит. наук. НИИ теории архитектуры и градостроительства. – Москва, 1995. – 44 с. : ил. – Текст : непосредственный.
5. Черняев, А. Ф. Духовные основы науки / А. Ф. Черняев. – Москва : Принтер, 2003. – 108 с. – ISBN 5-89657-049-X. – Текст : непосредственный.
6. Буров, А. К. Андрей Константинович Буров: Письма. Дневники. Беседы с аспирантами. Суждения современников / А. К. Буров ; составитель вступительной статьи и примечаний Р. Г. Буровой, О. И. Ржехиной. – Москва : Искусство, 1990. – 297 с. : ил. – Текст : непосредственный.



**GORSHKOVA Galina Fyodorovna, doctor of architecture, professor of the chair
of architectural design**

**THE ARCHITECTURAL PROJECTION OF TIME WITHIN
THE EARTH SPACE**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: arch@nngasu.ru

Key words: projection structure of space, architectural space in the framework of the interaction between Man and the Planet Earth.

With the help of a technical drawing, the article shows the system of interaction between humans, the planet and architecture. The historical picture of the development of the architecture of buildings explains the mechanism of spatiotemporal evolution in architecture. The Man and the Earth, though being of a different scale, promote the development of the planet by the form and substance of their body.

REFERENCES

1. Dlyasin G. G. Azbuka Germesa Trismegista ili molekulyarnaya taynopis myshleniya [Hermes Trismegistus ABCD or the molecular cipher of thought]. Izd. 2-e, ispr. / Moscow: Belye alvy. 2002. – 144 p. – (Seriya “Otkrytiya XXI veka”). – ISBN 5-94355-292-8.
2. Sheynina E. Ya. Entsiklopediya simvolov [Encyclopedia of symbols]. Moscow: AST. 2003. – 591 p. – ISBN 5-17-010659-9.
3. Brunov N. I. Ocherki po istorii arkhitektury [Sketches on architecture history]. V 2 t. T. 1 / Moscow: Tsentropoligraf. 2003. – 527 p. – ISBN 5-9524-0111-2.
4. Bokov A. V. Geometricheskie osnovaniya arkhitektury v kartine mira [Geometric grounds of architecture in men's worldview]: spetsialnost 18.00.01 : avtoref. diss. ... d-ra arkhitektury. Ros. akademiya arkhitektury i stroit. nauk. NII teorii arkhitektury i gradostroitelstva. Moscow: 1995. – 44 p.: il.
5. Chernyaev A. F. Dukhovnye osnovy nauki [Spiritual foundations of science]. – Moscow : Printer. 2003. – 108 p. – ISBN 5-89657-049-X.
6. Burov A. K. Andrey Konstantinovich Burov : Pisma. Dnevniki. Besedy s aspirantami. Suzhdeniya sovremennikov [Letters. Journals. Discussions with postgraduate students. Judgments of the contemporary] ; sost. vstup. st. i primech. R. G. Burovoy., O. I. Rzhekhinoy. – Moscow : Iskusstvo. 1990. – 297 p. : il.

© Г. Ф. Горшкова, 2021

Получено: 02.10.2021 г.



УДК 712+711.5

Е. В. КАЙДАЛОВА, канд. архитектуры, доц. кафедры архитектурного проектирования, декан факультета архитектуры и дизайна

СТИЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-75-11;
эл. почта: i_iag@nngasu.ru

Ключевые слова: ландшафтная архитектура, современные стили, полистилизм.

Рассмотрена проблема стиля в современной ландшафтной архитектуре. Исследованием охвачен период с конца XX в. до настоящего времени. В этом направлении теория стиля пока не разработана должным образом. Обращение к теории современной архитектуры, где этот вопрос весьма успешно решен, позволило провести аналогии и определить ситуацию в садово-парковом искусстве. В современной ландшафтной архитектуре развиваются и существуют одновременно несколько стилей. Явление получило название «полистилизм».

Вопрос стиля в современной ландшафтной архитектуре в настоящий момент проработан не в полной мере. Обратимся к теории современной архитектуры, где эта проблема успешно решена [1, 2], и спроецируем фактический материал на сферу ландшафтной архитектуры. Такой подход уже был апробирован в докладах на конференциях и опубликован в статьях, посвященных внутренним течениям в рамках постмодернизма и временному периоду с середины до конца XX вв. [3, 4].

В период с конца XX в. до настоящего времени в архитектуре зданий и сооружений сосуществуют и параллельно развиваются следующие стили: неоекспрессионизм, хай-тек, техноэксессионизм, деконструктивизм, неоавангард, неомодернизм, брутализм, минимализм [3], цифровая архитектура (дигитальная и параметрическая), экологическая архитектура (бионическая, лендморфная и зеленая). В таблице цв. вклейки серым цветом напротив каждого из перечисленных стилей показан его более точный временной период для объектов архитектуры [1, с. 9]. Далее на конкретных примерах рассмотрим, какое место в ландшафтной архитектуре отведено вышеуказанным стилям, обозначим их временные границы зеленым цветом в той же таблице.

Пример *неоекспрессионизма* в ландшафтной архитектуре – это мюнхенский Олимпийский парк (1972, О. Фрай + бюро Г. Бениша). Он стал одним из самых оригинальных проектов архитектуры XX в. и получил известность благодаря революционному архитектурному решению. Тент, частично перекрывающий спортивные сооружения и основные подходы к ним, рождает множество ассоциаций. Парк дополнен извилистым прудом и искусственным рельефом. Геопластика приближает рельеф к скульптуре, в облике очевиден поиск художественной выразительности (рис. 1 цв. вклейки). Отечественный опыт проектирования в стиле *неоекспрессионизма* представлен парком «Краснодар» (Краснодар, 2017, арх. бюро *GMP International*). Его композиция в плане строится на основе спиральных линий, что в объемном решении усилено геопластикой. При движении по пандусам на конусовидных поверхностях создается цикличная смена визуальных картин, «кадров», открываются продуманные панорамы. Вершины насыпных холмов являются кульминационными в восприятии объекта (рис. 2 цв. вклейки).



Роща из металлических деревьев перед Дворцом музыки и конгрессов в Бильбао (1999, арх. Ф. Сориано, Д. Паласиос) выполнена в стиле *хай-тек*. Железные конструкции напоминают стволы и ветви деревьев, включают в себя осветительные приборы и демонстрируют высокие качества новейших строительных материалов (рис. 3 цв. вклейки). В отечественной практике примером этого стиля являются отдельные элементы Центрального парка «Сколково» (Москва, 2018, арх. бюро *MAXWAN + MASA + ARTEZA*). Для него были разработаны площадки, арт-объекты, павильоны, в которых эстетически осваиваются инновационные разработки в области технологий – они выполнены из металла и противопоставлены природному пейзажу (рис. 4 цв. вклейки).

В 2006 г. считалось, что Парк «Диагональ Мар» в Барселоне (арх. Э. Мираллес, Б. Тальябуэ) – это вершина инновационной архитектуры. Малые архитектурные формы выполнены в виде металлических трубчатых структур, парящих над ландшафтом. Их назначение – орошать и удерживать контейнеры для растений (рис. 5 цв. вклейки). Здесь представлена вариация неоэкспрессионизма, соединенного с хай-теком. Этот синтетический стиль является *техноэкспрессионизмом*. Его наиболее ярко демонстрирует «Бурдж парк» (Дубай, 2009, арх. компания *WET*). Кульминация объекта – фонтан. По некоторым данным, высота его струй достигает 150 м. В системе используются подвижные водные и газовые форсунки, водные пушки, прожекторы и дымогенераторы (рис. 6 цв. вклейки). Как видно, *техноэкспрессионизм* для создания яркого облика использует новейшие достижения науки и техники. Отечественный пример – парк «Тюфелева роща». Он построен на территории, ранее занимаемой Заводом им. Лихачева (Москва, 2018, арх. Д. Ван Эйк). Его основной архитектурной затеей является закольцованная пергола «конвейер». Она экспрессивна по очертанию в плане и ассоциативно отсылает к индустриальному прошлому территории, технике и технологии (рис. 7 цв. вклейки).

Парк Ля Виллет в Париже (1982–1986, арх. Б. Чуми) относится к стилю *неоавангард*. Композиционная схема плана основана на четкой геометрии и имеет смелое решение. Перпендикулярно пересекающиеся деловые дороги дополнены извилистой прогулочной тропой, соединяющей 10 тематических садов. В углах виртуальной сетки размещены 26 разных по архитектуре красных павильонов (рис. 9 цв. вклейки). Ансамбль площади перед Лувром (Париж, 1983–1989, Йо Минг Пей) тоже выполнен в стиле *неоавангарда*. Большая пирамида окружена гладью декоративных бассейнов и отражается в них. Здесь применена совершенно особая разновидность ландшафтной среды – полностью искусственные пространства (рис. 8 цв. вклейки). «Красный сад» на Баррикадной (Москва, 2019, «Архилэнд») – участник фестиваля «Цветочный джем» – задуман как дань памяти архитектору К. С. Мельникову, во многом определившему образ парков советского периода. Красный цвет элементов выбран как символ русского авангарда. Конструкция перголы проходит через пространство, демонстрируя взлеты и падения русского и советского садово-паркового искусства. Ассоциативно она отсылает к образу павильона СССР Мельникова на Международной выставке 1925 г. (рис. 10 цв. вклейки).

Центральный променад и «Тамар парк» в Гонконге (2012, *Rocco Design Architects*) отличается элегантностью и выдержан в соответствии с концепцией «бесконечного зеленого» (рис. 11 цв. вклейки). В этом примере отказ от исторического стиля, основной акцент на использование эстетики открытых пространств, обращение к идее модернизма 1920-х, использование новых материалов и технологий – это проявление стиля *неомодернизм*. В отечественной практике приме-

**К СТАТЬЕ Е. В. КАЙДАЛОВОЙ «СТИЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ
ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЕ»**



Рис. 1. Неоэкспрессионизм. Олимпийский парк, Мюнхен, 1972, О. Фрай + бюро Г. Бениша



Рис. 2. Неоэкспрессионизм. Парк «Краснодар», Краснодар, 2017, арх. бюро *GMP International*



Рис. 3. Хай-тек. Дворец музыки и конгрессов Эускальдуна, Бильбао, 1999, арх. Ф. Сориано, Д. Паласиос



Рис. 4. Хай-тек. Центральный парк «Сколково», Москва, 2018, *MAXWAN + MASA + ARTEZA*



Рис. 5. Техноэкспрессионизм. Парк «Диагональ Мар», Барселона, 2006 г., арх. Э. Мираллес, Б. Тальябуэ



Рис. 6. Техноэкспрессионизм. «Бурдж парк», Дубай, 2009, компания *WET*



Рис. 7. Техноэкспрессионизм. Парк «Тюфелева роща», Москва, 2018, Д. Ван Эйк



Рис. 8. Неоавангард. Парк Ля Виллет, Париж, 1982–1986, Б. Чуми



Рис. 9. Неоавангард. Площадь перед Лувром, Париж, 1983–1989, Йо Минг Пей



Рис. 10. Неоавангард. «Красный сад» на Баррикадной, Москва, 2019, «Архиленд»



Рис. 11. Неомодернизм. Центральный променад и «Тамар парк», Гонконг, 2012, *Rocco Design Architects*



Рис. 12. Неомодернизм. Парк «Матрешка», Москва, Сколково, 2017, бюро *BERNASKONI*



Рис. 13. Деконструктивизм. Подиумный «Сад звезд», Гонконг, 2008



Рис. 14. Деконструктивизм. ЖК "d'Leedon", Сингапур, 2012, З. Хадид



Рис. 15. Необрутализм. Парк-эстакада "Seoulllo", Сеул, 2017, бюро MVRDV



Рис. 16. Минимализм. Национальный мемориал 11 сентября, Нью-Йорк, 2006, М. Арад, П. Уокер

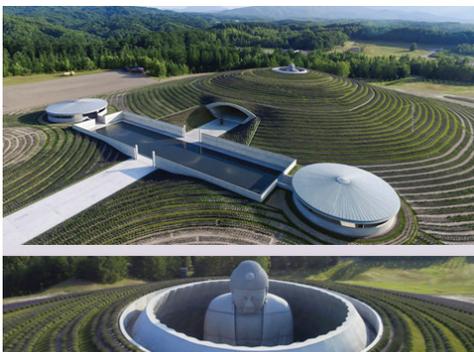


Рис. 17. Минимализм. Холм-храм Будды, Хоккайдо, 2016, Т. Андо



Рис. 18. Минимализм. Сколтех, Москва, 2018, *Herzog & de Meuron*



Рис. 19. Цифровая архитектура. Культурный центр Гейдара Алиева, Баку, 2012, З. Хадид



Рис. 20. Цифровая архитектура. Парк «Зарядье», Москва, 2014–2017, *Diller Scofidio + Renfro*



Рис. 21. Лендморфная архитектура. Сады «Намба», Осака, 2003



Рис. 22. Лендморфная архитектура. Школа искусств, Сингапур, 2008. Университет Таммасат, Бангкок, 2019, бюро *Land process*



Рис. 23. Лендморфная архитектура. Сад «Эстасьо Норд», Барселона, 1988, А. Арриола, Б. Пеппер



Рис. 24. Лендморфная архитектура. «Арт-сад Юпитер», Эдинбург, 1999, Ч. Дженкс



Рис. 25. Зеленая архитектура. Музей на наб. Бранли, Париж, 2006, арх. Ж. Нувель, вертикальные сады – П. Бланк



Рис. 26. Зеленая архитектура. Интерьер ТЦ «Сиа-Парагон», Бангкок, 2005, вертикальные сады – П. Бланк



Рис. 27. Зеленая архитектура. «Сити холл», Сеул, 2008–2012, Ю Керл, *iArc*



Рис. 28. Бионическая архитектура. Проект «Эдем», Сент-Остелл, 2001, Н. Гримшоу



Рис. 29. Бионическая архитектура. Спутниковая съемка «Садов Бэй», Сингапур, 2011–2014, “Grant Associates” + “Wilkinson Eyre”



Рис. 30. Бионическая архитектура. Оранжереи «Садов Бэй», Сингапур, 2011–2014, “Grant Associates” + “Wilkinson Eyre”

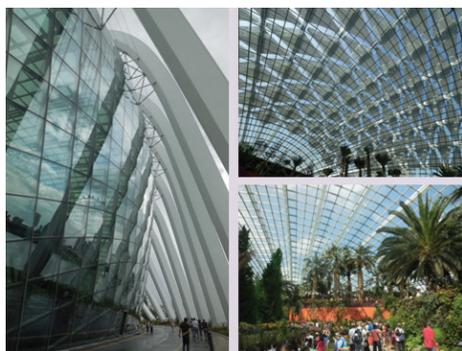


Рис. 31. Экологическая архитектура. Оранжереи «Садов Бэй». Цветочный купол



Рис. 32. Экологическая архитектура. Оранжереи «Садов Бэй». Заоблачный лес



Рис. 33. Экологическая архитектура. «Супердеревья» в «Садах Бэй»

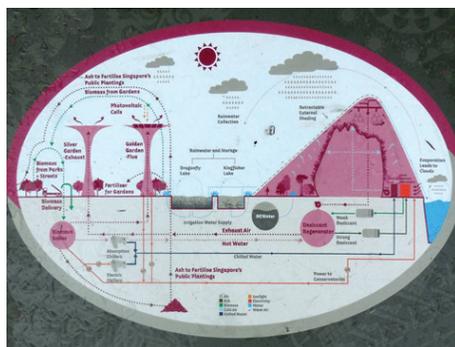


Рис. 34. Экологическая архитектура. Схема функционирования «Садов Бэй»

Временные границы стилей в архитектуре и ландшафтной архитектуре

Временные границы	1970-е	1980-е	1990-е	2000-е	2010-е
Стиль					
Неоэкспрессионизм					
Хай-тек					
Техноэкспрессионизм					
Неоавангард					
Неомодернизм					
Деконструктивизм					
Минимализм					
Цифровая архитектура					
Лендморфная архитектура					
Зеленая архитектура					
Бионическая архитектура					

Условные обозначения: – период в архитектуре – период в ландшафтной архитектуре



ром является территория при деловом центре “*Matrex*” или так называемый парк «Матрешка» в Сколково (Москва, 2017, бюро *BERNASKONI*, рис. 12 цв. вклейки).

Композиция в стиле *деконструктивизма* восходит к супрематизму 1920-х. Так, «Подиумный сад Звезд» в Гонконге, построенный в 2008 г. на третьем уровне над автобусной остановкой и станцией метро «Цим Ша Цуй», динамичен за счет как сложной геометрии и формальных структур декоративных бассейнов и других элементов благоустройства, так и малых архитектурных форм (рис. 13 цв. вклейки). Ландшафт жилого комплекса «Д’Лиидон» (Сингапур, 2012, арх. З. Хадид) концептуально выражает компоненты горных экосистем, бассейны, общественные зоны, озелененные террасы изображают реки, луга, скалы. Структурам придана остросюжетная геометрия и динамика (рис. 14 цв. вклейки).

Парк-эстакада “*Seoullo*”, (Сеул, 2017, бюро *MVRDV*) – пример стиля *брутализм*. Городская магистраль преобразована в линейный сад с круглыми в плане железобетонными павильонами, бетонными модульными бассейнами и кадками для растений. Это решение для конкретного места, оно выявляет фактуру материалов и архитектуру простых объемов, обнажает конструктивную систему, отказывается от декоративных приемов. На фасады выведены коммуникации (рис. 15 цв. вклейки).

Стиль *минимализм* в ландшафтной архитектуре демонстрируют следующие примеры. Национальный мемориал 11 сентября (Нью-Йорк, 2006, арх. М. Арад, П. Уокер) состоит из регулярной роши, окружающей бассейны на том месте, где стояли башни – его концепция «отражение отсутствия» подчеркнута элементарной геометрией (рис. 16 цв. вклейки). Лавандовый холм-храм Будды (Саппоро, 2016, арх. Т. Андо) обращен к простоте формы, побуждаемой эстетическими установками. Он меняет свой вид в зависимости от сезона. Пространственная последовательность усиливает ожидание невидимой снаружи статуи (рис. 17 цв. вклейки). В кампусе Сколковского института науки и технологий дворцовые пространства тоже решены в стиле минимализма. Замощение из натурального камня, сочетается с газонами и небольшим количеством насаждений. Общественные пространства дворов рассчитаны на дополнение арт-объектами, которые создаются самими обучающимися в Сколтехе. Таким образом в композицию вносится разнообразие, динамика и цвет (рис. 18 цв. вклейки).

В основе *цифровой архитектуры* лежит компьютерное моделирование и параметрическое проектирование. С применением этих технологий создан, например, культурный центр Гейдара Алиева (Баку, 2012, арх. З. Хадид). Скульптурный объем и окружающий его синтетический ландшафт органично продолжают друг друга. Архитектурная среда непрерывно перетекает из внутреннего во внешнее пространство (рис. 19 цв. вклейки). Водные устройства дополняют это ощущение. Отечественный пример *цифровой архитектуры* – парк «Зарядье» (Москва, 2014–2017, консорциум *Diller Scofidio + Renfro*). При его проектировании стояла задача создать парк-музей под открытым небом, где его историческое окружение – и есть экспонаты. В итоге построен уникальный ландшафт с развитой инфраструктурой (рис. 20 цв. вклейки).

Лендморфная архитектура интегрирует здание и поверхность земли на уровне организации объекта. Так, например, многоэтажное здание торгового центра «Намба» в Японии «дополнено» террасными садами на восьми уровнях (Осака, 2003, арх. Д. Джерд). В ландшафтных зонах, расположенных на кровле, присутствуют многочисленные стилизованные природные пейзажи из скал, каньонов, рек, водопадов и прудов (рис. 21 цв. вклейки). В Университете Таммасат (Бангкок, 2019, бюро *Landprocess*) реализована крупнейшая в Азии «кровельная» ферма, где



выращиваются овощи и злаки. Прообразом для ступенчатой конструкции стали рисовые террасы (рис. 22 цв. вклейки). Ландшафтная кровля и применение высоких технологий Школы искусств, дизайна и средств массовой информации в Сингапуре символизируют творческий характер здания и способствуют улучшению температурного режима внутри здания. Грань между зеленой крышей здания и окружающим ландшафтом размыта (рис. 22 цв. вклейки). Если говорить об объектах ландшафтной архитектуры, не объединенных со зданием или сооружением, то для демонстрации лендморфности наиболее показательны парки с применением геопластики и ленд-арта. Например, композиция сада «Эстасьо Норд» (Барселона, 1988, А. Арриола, Б. Пеппер) строится на контрасте выпуклой и вогнутой геометрических земляных форм (рис. 23 цв. вклейки), а «Арт-сад Юпитер» около Эдинбурга (1999, Ч. Дженкс) содержит водоемы с насыпными складчатыми берегами и спиральными холмами (рис. 24 цв. вклейки). Ландшафтные объекты предвосхитили по времени этот стиль в архитектуре.

«Зеленая архитектура» оказывает минимальное воздействие на окружающую среду и решает вопросы энергосбережения. Один из приемов создания таких зданий – озеленение фасадов и других вертикальных конструкций, что делает объекты не только уникальными, но и повышают его экологические качества, улучшая звукоизоляцию и микроклимат, повышая теплоизоляцию. Технологию вертикального сада отработал французский дизайнер-натуралист П. Бланк. С 1988 г. он реализовал десятки проектов, например, зеленые фасады административного здания музея на набережной Бранли (Париж, 2006) (рис. 25 цв. вклейки) и зеленые стены и потолки торгового центра «Сиам-Парагон» (Бангкок, 2005) (рис. 26 цв. вклейки). Внутреннее убранство «Сити Холла» в Сеуле (2008–2012, Ю Керл, *iArc*) придерживается «эко-дружелюбия». Вертикальные сады поднимаются на семь этажей, зеленые насаждения образуют экосистему, очищают воздух, оптимизируют работу систем вентиляции и кондиционирования (рис. 27 цв. вклейки).

Бионическая архитектура использует принципы организации, свойств, функций и структур живой природы, как например, ботанический сад «Эдем» в Корнуоле (Сент-Остелл, 2001, арх. Н. Гримшоу) с уникальными биомами. Система из геодезических куполов выражает идею взаимоотношения человека и флоры (рис. 28 цв. вклейки).

Последние три направления можно объединить в один стиль под названием *экологическая архитектура*. В такой архитектуре особое внимание уделяется проблемам формирования устойчивой «зеленой инфраструктуры», а задачи экологического порядка реализуются в процессе комплексного проектирования. Так, в сингапурских «Садах Бэй» (2011–2014, *Grant Associates + Wilkinson Eyre*) присутствуют одновременно все составляющие «зеленой архитектуры». Бионический рисунок мы видим на плане «Садов Бэй» в Сингапуре, где с высоты птичьего полета читаются стебли и листья растений (рис. 29 цв. вклейки). Оранжереи выполнены в форме стеклянных луковиц или ракушек на берегу (рис. 30 цв. вклейки). При их сооружении использованы новейшие зеленые технологии. Во-первых, применен особый вид стекла, задерживающий избыток инсоляции. Дождевая вода с их поверхности попадает в специальные резервуары и затем используется в системе охлаждения (рис. 31 цв. вклейки). В полу внутри конструкции скрываются трубы с холодной водой, понижающие температуру воздушных масс внизу, в то время как теплый воздух поднимается вверх, откуда выходит из открывающегося отверстия. Если температура превышает максимально допустимую, на поверхности куполов автоматически выдвигаются специальные паруса, создающие тень



(рис. 32 цв. вклейки). Гигантские инсталляции под названием «Супердеревья» выполняют роль опор для растений. Конструкции наделены функциями самовосстанавливающихся систем. Они собирают дождевую воду, которая участвует в охлаждении и орошении паркового комплекса. «Супердеревья» оснащены солнечными батареями и функционируют как автономные мини-электростанции, обеспечивая электроэнергией «Сады Бэй». Отдельные «супердеревья» действуют как вентиляционные шахты. Часть обслуживающих помещений встроена в рельеф и имеет зеленые кровли с доступом на них посетителей (рис. 33 цв. вклейки). Система садов действует в соответствии с принципами устойчивости, экологичности и энергоэффективности (рис. 34 цв. вклейки).

Итак, установлено, что стили в современном ландшафтном искусстве развиваются в полном соответствии с общемировыми тенденциями в архитектуре. В настоящее время стили не сменяют друг друга последовательно, как это было ранее на протяжении всей истории человечества, а существуют одновременно. Это явление получило название *полистилизма*. Ландшафтные объекты конца XX – начала XXI вв. выполняются в разных стилях, среди которых выявлены: неоекспрессионизм, хай-тек, техноэкспрессионизм, деконструктивизм, неоавангард, неомодернизм, брутализм, минимализм, цифровая и экологическая архитектура. Временные границы развития стилей в архитектуре и ландшафтной архитектуре практически совпадают, хотя в ряде случаев в ландшафтной архитектуре наблюдается незначительное отставание. Также прослеживается тенденция слияния архитектуры и ландшафта посредством включения озеленения в интерьеры, создания вертикальных садов и зеленых кровель на стадии проектирования как части архитектурно-градостроительной концепции объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орельская, О. В. Современная зарубежная архитектура : учеб пособие для студентов высших учебных заведений / О. В. Орельская. – Москва : Академия, 2010. – 272 с. – Текст : непосредственный.
2. Орельская, О. В. Постмодернизм / О. В. Орельская, А. А. Худин. – Нижний Новгород : БегемотНН, 2019. – 240 с. – Текст : непосредственный.
3. Кайдалова, Е. В. Традиции и новаторство в современной ландшафтной архитектуре (на примере Гонконга) / Е. В. Кайдалова, О. А. Лисина. – Текст : непосредственный // Великие реки'2019 : 21-й Международный научно-промышленный форум : труды научного конгресса. В 3 томах. Том 3 / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет ; ответственный редактор А. А. Лапшин. – Нижний Новгород, 2019. – С. 130–133.
4. Кайдалова, Е. В. Стиль в современной ландшафтной архитектуре: постмодернизм / Е. В. Кайдалова. – Текст : непосредственный // Ландшафтная архитектура и формирование комфортной городской среды : материалы XVII региональной научно-практической конференции : сборник трудов / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет ; О. П. Лаврова (отв. ред.) – Нижний Новгород, 2021. – С. 3–12.

KAYDALOVA Elena Valentinovna, candidate of architecture, associate professor of the chair of architectural design, dean of the faculty of architecture and design

**STYLE IN MODERN LANDSCAPE ARCHITECTURE NIZHNY NOVGOROD
STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**



65, Ijinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: i_iag@nngasu.ru
Key words: landscape architecture, modern styles, polystylism.

The article is devoted to the problem of style in modern landscape architecture. The study covers a period from the late XX century until now. In this sphere, the style theory has not been properly developed. Turning to the theory of modern architecture, where this issue was very successfully solved, allowed us to draw analogies and determine the situation in the gardening art. In modern landscape architecture, styles and stylistic trends that are alternative to each other develop and exist simultaneously. This phenomenon is called "polystylism".

REFERENCES

1. Orelskaya O. V. Sovremennaya zarubezhnaya arkhitektura: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy [Modern foreign architecture: a textbook for students of higher educational institutions] / Moscow : Akademiya, 2010, 272 p.
2. Orelskaya O. V., Khudin A. A. Postmodernizm [Postmodernism] / Nizhny Novgorod: BegemotNN, 2019, 240 p.
3. Kaydalova E. V., Lisina O. A. Traditsii i novatorstvo v sovremennoy landshaftnoy arkhitekture (na primere Gonkong) [Traditions and innovations in modern landscape architecture (by the example of Hong Kong)] // Velikie reki'2019 : 21-y Mezhdunarodny nauchno-promyshlenny forum : trudy nauchnogo kongressa. V 3 t. T. 3 / Nizhegorod. gos. arkh.-stroit. un-t; otv. red. A. A. Lapshin. – Nizhny Novgorod, 2019. – P. 130–133.
4. Kaydalova E. V. Stil v sovremennoy landshaftnoy arkhitekture: postmodernizm [Style in modern landscape architecture: postmodernism] // Landshaftnaya arkhitektura i formirovanie komfortnoy gorodskoy srede [Landscape architecture and formation of comfortable urban environment]. Materialy XVII regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: sbornik trudov / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t; O. P. Lavrova (otv. red.). – Nizhny Novgorod, 2021. – P. 3–12.

© **Е. В. Кайдалова, 2021**

Получено: 02.10.2021 г.

УДК 72.03

**И. С. КРАВЧЕНКО¹, архитектор; Е. В. ДЕНИСЕНКО², канд. архитектуры,
доц. кафедры теории и практики архитектуры**

ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИБРИДНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

¹МБУ «ИНСТИТУТ «КАЗГРАЖДАНПРОЕКТ»

Россия, 420079, г. Казань, ул. Достоевского, д. 35. Тел.: 8-965-628-13-92;
эл. почта: i.kravchenko.2017@yandex.ru

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1. Тел.: (843) 510-46-22, 8-904-764-91-27;
эл. почта: e.v.denisenko@bk.ru

Ключевые слова: гибрид, структура, адаптивность, типология, гибридная архитектура, комплекс с гибридной типологией.



Описаны предпосылки развития комплексов с гибридной типологией на основе анализа исторических этапов формирования гибридной архитектуры. Проанализированы материалы статей, конференций, диссертаций и монографий, связанных с темой развития гибридной архитектуры, а также зарубежный и отечественный теоретический и практический опыт проектирования. Основные результаты исследования состоят в определении предпосылок формирования развития гибридной архитектуры в структуре города. Выделены типы архитектурной гибридности, дан прогноз на будущее развития гибридной архитектуры, основанный на тенденциях проектирования и развитии строительных технологий. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в возможности разработать новую типологию гибридных комплексов на основе изученного опыта. Анализ и систематизация опыта работы с гибридной архитектурой позволят выявить комплексный подход для разработки нового гибридного пространства.

Гибридная архитектура появилась в XIX веке; в это время город, столкнувшись с повышением плотности застройки, начал принимать неизбежность дублирования функций в условиях ограниченного пространства. В мегаполисах появились структуры, зависящие главным образом от их расположения. Их происхождение связано с резким повышением цен на землю и изменением городской планировки, что накладывало ограничения на территорию, занимаемую объектом. Вместо того чтобы занимать изолированные участки города, функции заполняли любое доступное пространство. По мере роста городов формировалась гибридная структура, постоянно меняющаяся и развивающаяся как единое целое. Термин «гибридность» происходит из генетики и обозначает скрещивание видов различных пород. Сегодня же гибрид в архитектуре или градостроительстве – это образование, в котором одновременно происходят различные социальные процессы и программы, которые, в свою очередь, могут быть не связаны между собой. Существуют примеры, основанные на классической архитектуре или на факторах, связанных с традиционной инфраструктурой, но в прагматичных мегаполисах комплексы должны решать новые задачи, они должны приспосабливаться к потенциальным трансформациям функций.

Функции смешиваются, зачастую образуя новые неочевидные комбинации программ, кажущихся несовместимыми. В результате возникновения предпосылок, таких как: гиперурбанизация, тенденция к повышению уровня взаимной коммуникации между людьми, стеснение городской застройки, повышение стоимости земли, а также развитие строительных технологий – появилась потребность в новой типологии зданий. Вместо развития районов без качественного сервиса и доступных гибких общественных пространств, в которых здания выполняют только одну функцию, нужно задуматься о развитии новой типологии, в которой архитектура способствовала бы повышению качества жизни человека.

Существует ряд параметров, дающих определение понятию гибридного комплекса. Гибридный комплекс – это мультифункциональный комплекс, возникший на стыке общественной и частной сфер в результате объективных факторов, ответом на которые и стало появление комплекса со сложной программой. Это комплексы с «полной занятостью», с 24-часовым рабочим днем, поскольку они соединяют частную и общественную жизнь в едином объеме. Как правило, это нетиповые, уникальные здания, часто формирующие образ всего пространства города, служащие ориентиром. Здания-гибриды активно работают с окружением и контекстом, представляя историческую ценность. Это адаптивные комплексы, реагирующие на происходящие в окружающей среде изменения, готовые подстраиваться под меняющиеся условия и незапрограммированные заранее ситуации [1, 2].



В России, несмотря на объективную потребность в разработке, концепции пространственного взаимодействия различных функций, собранных воедино, реализованы единично. Перспективная потребность в развитии гибридных комплексов в РФ делает особо актуальной систематизацию мирового опыта для выявления на его основе принципов формирования и размещения подобных гибридных пространств в городской структуре.

Комплексная методика исследования включает в себя исторический анализ для выявления специфики гибридных комплексов как эволюционно развивающихся структур в различные исторические периоды, анализ функционирования и эволюции гибридных комплексов по градостроительным, функциональным и объемно-планировочным характеристикам.

В рамках исследования проанализирован зарубежный и отечественный опыт проектирования. Изучен существующий теоретический и практический опыт проектирования, в частности комплексов с гибридной типологией, а также опыт разработки архитектурных и градостроительных концепций в России и за рубежом.

Вопросы становления, развития и современного состояния гибридной архитектуры рассматривались в трудах Д. Фентона, С. Холла, Дж. Мозаса, Р. Колхаса, Д. Джейкобс, А. Фернандес Пер, Д. Арпа, Ф. Занни, Г. Стоккер, К. В. Кияненко, Г. А. Птичниковой, Д. В. Климова, Э. Э. Красильниковой, Д. Галкина и др.

Термин «гибриды» ввел в 1896 году А. Н. Бекетов. Это организм или клетка, образующиеся в результате скрещивания генетически различающихся форм. Возможность искусственного получения гибридов впервые реализована английским садоводом Томасом Фэйрчайлдом в 1717 году скрещиванием различных видов гвоздик. Сегодня термин «гибрид» используется как ответ на развитие культуры и общества и усложнение жизни в целом: он стал синонимом смешанного, неопределенного, многомерного, разнообразного, объединенного и т. д.

Различные функции зачастую комбинировались в единую структуру: например, в России в XVII–XIX веках объединялись торговля и жилье; в городах практиковались двух- и трехэтажные дома с магазином или складом на первом этаже. Другим примером может служить мост с функцией торговых рядов Понте Веккьо во Флоренции. Гибриды появились в конце XIX века: город, вследствие повышения уровня плотности застройки, столкнулся с проблемой неизбежности дублирования функций. Именно в мегаполисах появились смешанные организмы, движимые главным образом центральным расположением. Их происхождение связано с резким повышением цен на землю и жесткостью городской планировки. Это ограничения, наложенные территорией. Существуют и более ранние примеры, основанные на классической архитектуре, связанные с традиционной инфраструктурой, например, в прагматическом мегаполисе США гибридное здание должно было искоренять традиционные типы зданий, приспособившись к любой потенциально прибыльной функции. Гибридное здание может похвастаться атмосферой, способствующей естественному появлению неожиданных действий и функций, активизирующих его [3].

Гибридное здание – это образование, в котором одновременно, без возможности вычленив определенную функцию, происходят различные социальные процессы и события, которые, в свою очередь, могут быть абсолютно не связаны между собой. Гибридные здания, как и многофункциональные комплексы, могут быть автономными и иметь в себе полный жизненный цикл, удовлетворяя все каждодневные потребности их обитателей. Гибридные здания живут и развиваются как настоящий и естественный город – в этом их отличие от мегаструктур или ги-

гантских торговых центров, в которых запрограммирована система четкого зонирования. В своей структуре данные здания имеют множество зальных общественных пространств, открытых и наполненных воздухом атриумов, офисных этажей, неразрывно связанных с помещениями отдыха и общения. Помимо общественных пространств, гибридная типология содержит в себе также жилые ячейки, гостиницы, торговые центры и пр. [4].

В результате возникновения предпосылок, таких как гиперурбанизация, выраженная в тенденции к повышению уровня взаимной коммуникации между людьми, стеснении городской застройки, повышении стоимости земли, а также развитию строительных технологий, появилась потребность в новой типологии зданий. Вместо развития районов без качественного сервиса и доступных гибких общественных пространств с монофункциональными зданиями, возникли исследования о развитии новой типологии пространств, удобных человеку и удовлетворяющих его потребностям [5, 6].

В 1916 году принята Нью-Йоркская резолюция о зонировании [7], она регулировала режим использования, высоту и объемы новых зданий: была обрисована линия, соответствующая наклону солнечных лучей к центру улицы. Эта линия совпадала с углом наклона минимального отступа, требуемого для постройки небоскребов Нью-Йорка. С этого момента построенный объем должен был находиться от улицы на расстоянии, рассчитанном относительно его высоты, что создавало новые задачи для архитекторов того времени, чье образование основывалось на идеях Школы изящных искусств (рис. 1). Этот кризис стиля стал началом для новых решений, так как эстетические ценности современных тенденций были изменены прагматическими требованиями структуры здания и экономики. Принятие резолюции стало первым шагом к изменению образа города в сторону гибридизации архитектуры, мегаполис подстраивался под новые правила.

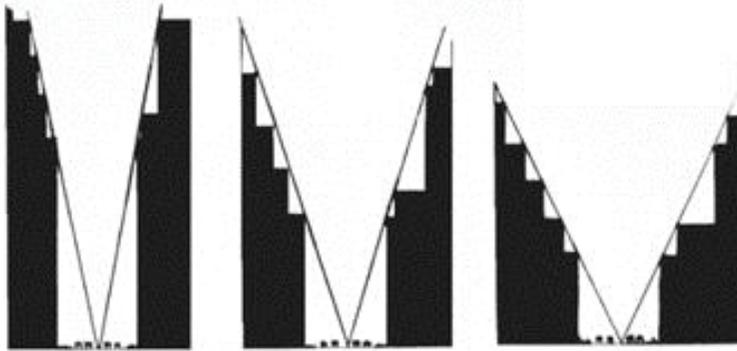


Рис. 1. Правила регулирования высоты и объема зданий относительно нового режима, трактованного Нью-Йоркской резолюцией [8]

Существует классификация гибридных зданий по форме, которая создана американским архитектором XX века Джозефом Фентоном, активно изучавшим явление гибридизации в архитектуре. Данная классификация выделяет три типа:

1. Контекстуальный гибрид – сложная программа полностью вписывается в заданную оболочку и относительно слабо проявляется вовне. Благодаря ясности формы здание воспринимается как одно целое, а не как части, собранные воедино.
2. Сочлененный гибрид – каждая функция обладает собственной формой, и



целое образуется как сложное сочленение отдельных элементов. Разные объемы соединяются, чтобы создать единое здание.

3. Монолитный гибрид – самоценная монументальная форма общегородского масштаба, вмещающая в себя все компоненты функциональной программы.

В поисках моделей, способных экономить ресурсы, здания-гибриды, особенно те, которые предназначены для бытового использования, представляют собой образцы возможностей, у которых «ген» развития смешанного использования встроен глубоко в их генетический код, ген, который жизненно важен для адаптации к тенденциям времени. Тем не менее это смешанное состояние приводит к тому, что их ошибочно сравнивают с другой моделью времен авангарда, моделью, которая, несмотря на то, что поначалу казалась ее предшественницей, на самом деле совершенно противоположна. Эта модель – «Социальный конденсатор». В первом исследовании, проведенном по гибридной архитектуре, Джозеф Фентон заявляет, что они появились в первой четверти XX века как попытка оживить американские города и оптимизировать землепользование [9].

Примерно в то же время конструктивистское движение создало социальный конденсатор, описанный Моисеем Гинзбургом как здание, предназначенное для преобразования отношений между гражданами в трех основных сферах нового социалистического государства: коллективное жилье, клубы и фабрики. Оба проекта относятся к эпохе авангарда, в это время исторические события создали новый план для многих новых подходов. Конденсатор разработан в Советском Союзе, в условиях появления доступной земли и острой потребности в жилье. Это была возможность экспериментировать, чем конструктивистские архитекторы Союза современных архитекторов должны были в полной мере воспользоваться. В конкурсе новых типологий жилья, организованном в 1927 году журналом группы «Современная архитектура», предложены проекты, содержащие мезонеты и трехэтажные дома, внутренние улицы и входные галереи. Гинзбург разработал некоторые из этих предложений, кристаллизуясь в минимальной живой клетке (27–30 м), которые использовались в качестве основы для больших жилых кварталов, называемых дом-коммуна. Они будут служить для размещения пролетарских масс и направлены на влияние социального поведения жителей (рис. 2). Большая часть деятельности, которая раньше была частью частной жизни, теперь проходила на общих кухнях, в столовых, прачечных самообслуживания или в детских комнатах [8].

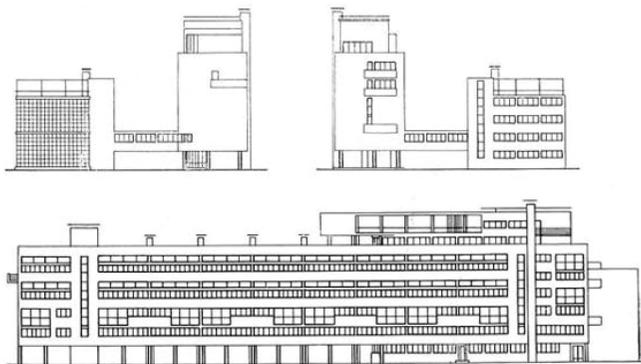


Рис. 2. М. Гинзбург, проект Дома Наркомфина [8]

Вопрос гибридации как феномена растущего города все чаще поднимается в исследованиях – затрагиваются проблемы персонификации общественных пространств, интеграции истории и современных стилей, простоты и сложности в искусстве и жизни.

Решить вопрос простоты и сложности в архитектуре пытались на протяжении всей истории архитектуры. Вследствие сложности и противоречий эпох, сопровождающихся нарушением гармонии и закономерности бытия, рождались новые гибридные формы. Вентури предпочитал гибридные, неопределенные, противоречивые, двусмысленные формы в архитектуре – он стремился найти жизненность, богатство значений и говорил о том, что «меньше – это скука» (Мис ван дер Роэ: «Меньше – это больше») [10].

Можно выделить несколько видов «архитектурной гибридности»:

- 1) стилевую (коллажность стилей, элементов среды);
- 2) функциональную (многофункциональность, универсальность);
- 3) технологическую (использование медиа, экотехнологий, биомиметики);

1) *Стилевая архитектурная гибридность*. Проявляется в виде коллажности стилей или элементов среды. Парк Ла Виллет в Париже, спроектированный Бернаром Чуми – это пример стилевой гибридности. В парке сосредоточено множество объектов несравнимых, уникальных и различающихся по стилю (рис. 3, 4). Согласно замыслу авторов проекта, это было сделано намеренно и может быть оправдано с философской точки зрения.



Рис. 3. Парк Ла Виллет, Париж

Комплекс был задуман как футуристический «активный» парк, который призван развеять бытовавшее в XVIII–XIX веках представление о парках и садах как о месте спокойного, хорошо организованного отдыха. Вместо этого посетителям предлагается ландшафт, отвергающий старомодную идею единства, значимости и целевой направленности, разлагающий целое на его составные части.



Рис. 4. Парк Ла Виллет, Париж

2) *Функциональная архитектурная гибридность*. Такие объекты призваны восстановить связь между городом и его окраинами путем создания новых центров притяжения между районами. Используется существующая структура, но она расширяется для размещения общественных пространств, ориентированных на город.

Проект Патрика Ходкинсона *Brunswick Centre* в Лондоне – это пример функциональной гибридности. Задача архитектора заключалась в том, чтобы создать идеограф центрированности города, и сделать жилье в нем центральной составляющей (рис. 5).



Рис. 5. *Brunswick Centre*, Лондон

На нижнем уровне цокольного этажа расположены гаражи и магазины, на первом уровне находится пешеходная торговая улица, соединяющая Бернард-Стрит с Тависток-Плейс, а также 80 торговых точек. Над ним находится антресольный уровень с жилыми блоками по бокам и большим количеством магазинов. Также на этом уровне есть терраса с благоустроенной общественной зоной.

3) Технологическая архитектурная гибридность. Выражена в использовании при создании проекта медиатехнологий, экотехнологий и биомиметики.

Пример технологической гибридности – Парк Зарядье, построенный в центре Москвы. В проекте гармонично сочетаются природа и технологии, просвещение и развлечения, история и современность (рис. 6).



Рис. 6. Парк «Зарядье», Москва, Россия

Проект реализован с использованием новейших строительных технологий и основан на стратегии устойчивого развития. Общественное пространство не поддается классификации – это одновременно парк, городская площадь, социально-культурное пространство и рекреационная зона. Чтобы достичь этого эффекта, естественные ландшафты накладываются на искусственно созданную среду, создавая серию гармоничных сочетаний между естественным и искусственным, городским и сельским, внутренним и внешним. Переплетение ландшафта и городского пейзажа делает парк урбанизированным, но не создает конфликт между природой и человеком. В дополнение к этим запрограммированным направлениям, серия обзорных точек заново открывает городской пейзаж для жителей и гостей города.

В настоящее время изучается смежное направление «гибридный урбанизм» – синтез цифровизации технологий, урбанизма и нового образа мышления, рожденного в эпоху стартапов, прототипирования, социальных сетей и виртуальной реальности. Направление исследует трансформацию пространства в век информационных технологий и коммуникации, а также разрабатывает и проектирует гибридные городские и медийные сети. Иногда под «гибридным урбанизмом» понимается «устройство мира, в котором физические пространства не привязаны к одной задаче, люди не привязаны к одному пространству, а действия в Интернете,



кафе, магазине порождают тонны данных, заключая вас в информационный пузырь». Здесь эта концепция предстает, скорее, как характеристика цифрового общества, которое стало характеризоваться гибкостью и мобильностью, в некоторых случаях доходящей до абсурда [11].

Новые методы проектирования, подкрепленные возможностями современной технологий и BIM-технологий, позволяют совершенствовать процесс проектирования, разрабатывать новые способы организации пространства, технологии создания интеллектуальной архитектурной среды [6].

В 2018 году в Берлине прошла международная конференция от лаборатории “Hybrid Space Lab”, посвященная теме гибридных пространств и гибридного урбанизма. Основной тезис конференции: «Гибридное пространство фокусируется на методологиях для комплексного изучения и разработки слияний медиа-пространства и физического места, этих гибридных амбивалентных пространств, которые одновременно аналоговые и цифровые, виртуальные и материальные, локальные и глобальные, тактильные и абстрактные» [12].

На конференции представлен проект «Вулкан Гумбольдта», главная идея которого – преобразовать центр Берлина в гибридный сад с вулканом в центре (рис. 3, 4). Проанализировав международный опыт в области озеленения городов и адаптации к изменению климата, лаборатория предложила кристаллистическую архитектуру и озелененные пространства в качестве основных элементов нового “Smart Green City”, сделав отсылку к немецким традициям, выступающим против дворцов и его структур. Проект позволяет сделать город более открытым для международной общественности и собственной истории [12].



Рис. 7. Проект Вулкан Гумбольдта [12]



Рис. 8. Вулкан. Архитектор: Франко Стелла с FS HUF PG [12]

Популярность строительства зданий высокой плотности отчасти вызвана подъемом экономики, повышением стоимости земли и ростом «экономических гигантов», в частности Китая.

Стремление архитекторов решить эту проблему привело к появлению «гибридных» зданий, то есть зданий смешанного использования. Степень их плотности и «гибридности» – параметры социальной активности в здании и на территории.

Гибридные здания – это городские артефакты, характеризующиеся сочетанием видов использования. Жизнь таких зданий полна препятствий и неудач. Но те, кому удастся их преодолеть, вырастают в местах концентрации возможностей и потенциалов развития, пробираясь через спекулятивные сорняки, и представляются настоящими активаторами новых жизненных процессов города. Благодаря интеграции в монофункциональные районы гибридных комплексов, повышается разнообразие среды, а появление новых связей между формообразованием, функциональной программой здания и его окружения могут разрешить ряд экологических, экономических и социальных проблем [13].

Самый яркий пример гибридного проекта на сегодняшний день – это комплекс *Linked Hybrid* Стивена Холла в Китае (рис. 5). Комплекс состоит из 8 башен, объединенных в кольцо 8 мостами, которые оборудованы плавательным фитнес-центром, бассейном, выставочной галереей, кафе, зрительным залом и ночным клубом. Комплекс располагается вблизи линии прохождения несохранившихся крепостных стен Пекина; он контрастирует с типичной городской застройкой современного Китая: продолжая важную для работ Холла тему «пористости», ансамбль открыт по периметру комплекса и служит рекреационной зоной отдыха для горожан. Комплекс состоит из 750 апартаментов, различных объектов инфраструктуры и гостиницы на 82 номера. Пористая структура *Linked Hybrid* создает множество видовых точек обзора – изнутри наружу или через комплекс, сверху вниз и снизу-вверх, бесконечные диагональные вариации – что тесно связывает новую структуру с городской средой [8].

В кольце башен находятся здания низкой этажности с садами на крыше, а между ними – внутренний двор с зеленью и водоемами. Все расположенные уч-



реждения – школа системы Монтессори, детский сад, кафе, рестораны, магазины, кинотеатр – соединены с пространствами, богатыми озеленением.

Комплекс охлаждается и отапливается геотермальной системой из 660 скважин благодаря чему *Linked Hybrid* стал одним из крупнейших «зеленых» жилых комплексов в мире и может претендовать на золотой сертификат энергоактивности *LEED*.

Полезная площадь комплекса составляет – 220 000 м². Он рассчитан на более чем 2 500 жильцов.

В своей структуре гибридные здания имеют множество зальных общественных пространств, открытых и наполненных воздухом атриумов, офисных этажей, неразрывно связанных с помещениями отдыха и общения. Помимо общественных пространств, гибридная типология содержит в себе также жилые ячейки, гостиницы, торговые центры и пр.



Рис. 9. *Linked Hybrid*, архитектор Стивен Холл [8]

Гибридные комплексы могут быть скомбинированы по 2 принципам: тематический и несопоставимый. Тематические комбинации увеличивают взаимодействие между функциями и процессами. Несопоставимые комбинации позволяют фрагментированным частям существовать во взаимном союзе, не конфликтуя друг с другом.

Также существует всемирно известная классификация основных функций, которые используются в гибридных зданиях и по-разному комбинируются: спорт, образование, рекреация/досуг, культура, гостиницы, торговля, офисы, жилье, предпринимательская деятельность с дополнительной жилой функцией, паркинг.

Таким образом, в процессе комплексного подхода к изучению исторических этапов формирования гибридной архитектуры, авторских концепций и проектных решений выявлены следующие предпосылки возникновения гибридной архитектуры:

- гиперурбанизация;
- повышение уровня взаимной коммуникации между людьми;
- стеснение городской застройки и, как следствие, повышение стоимости земли;



– развитие строительных технологий.

Все это привело к тому, что монофункциональные пространства перестают удовлетворять требованиям современной жизни. Опыт проектирования гибридной архитектуры свидетельствует о значимости данного направления. Анализ зарубежного и отечественного опыта в формировании гибридных комплексов позволил выявить ряд актуальных тенденций и особенностей в проектировании и развитии данных структур:

- 1) мультифункциональность;
- 2) адаптивность к окружающей среде и тенденциям времени;
- 3) трансформируемость;
- 4) способность к самообеспечению работоспособности комплекса, активации «жизни» в нем;
- 5) энергоэффективность;
- 6) активная работа с окружением.

Подобный анализ позволяет комплексно подойти к проектированию гибридных комплексов. Исследование расширяет научное понимание значимости гибридной архитектуры и возможности ее адаптивирования в современную городскую среду.

Создание новых архитектурных пространств на основе проектирования гибридных комплексов направлено на повышение качества жизни современного города, а также может быть использовано в практической проектной деятельности. Объекты, сформированные с применением принципов развития комплексов с гибридной типологией, помогут возродить новую жизнь в привычной среде. С внедрением гибридных комплексов появятся новые сценарии использования территории – комплексы станут работать 24 часа в сутки, они будут энергоэффективными, трансформируемыми, смогут сами обеспечивать себя ресурсами, пространства станут гибкими, адаптивными, непрерывными и удобными, в результате чего архитектурная среда, окружающая человека, будет удовлетворять его запросы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Птичникова, Г. А. Новые морфотипы архитектурного пространства современных городов / Г. А. Птичникова, А. В. Антюфеев. – Текст : непосредственный // Социология города. – 2014. – № 2. – С. 5–19.
2. Птичникова, Г. А. Гибридизация в городской архитектуре / Г. А. Птичникова, О. В. Королева. – Текст : непосредственный // Социология города. – 2016. – № 1. – С. 5–17.
3. Zanni, F. Urban hybridization / F. Zanni. – Milan : Maggioli : Politecnica, 2012. – 498 p.
4. Гельфонд, А. Л. Архитектура общественных пространств : монография / А. Л. Гельфонд. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 412 с. : ил. – ISBN 978-5-16-014070-4. – Текст : непосредственный.
5. Кияненко, К. В. Конгломераты, комплексы, гибриды: паттерны многофункциональности в жилище / К. В. Кияненко. – Текст : непосредственный // Жилищные стратегии. – 2018. – Том 5, № 2. – С. 119–136.
6. Елюхина, В. А. К вопросу о взаимосвязи архитектуры и строительных технологий (по материалам зарубежных публикаций) / В. А. Елюхина, И. В. Краснобаев. – Текст : непосредственный // Известия КГАСУ. – 2019. – Вып. № 2 (48). – С. 40–47.
7. De Souza e Silva A. From Cyber to Hybrid: Mobile Technologies as Interfaces of Hybrid Spaces / De Souza e Silva A. // Space & Culture. – 2006. – № 9 (3). – P. 261–278.
8. Mozas, J. 50 HYBRID BUILDINGS / J. Mozas, Aurora Fernandez Per, J. Arpa // Architecture+Technology magazine. – Barcelona (Vitoria-Gasteiz). – 2020. – 272 p.
9. Waldheim, C. Landscape as Urbanism: A general theory / C. Waldheim // Princeton Architectural Press. – New York, 2016. – P. 2–11.
10. Cambra, J. Architecture for a Hybrid Landscape: Proposals for the California Delta /



- J. Cambra, E. Bloom, C. Goodnight. – California : California College of the Arts, 2012. – 112 p.
11. Еникеева, Л. М. Урбанизированная ландшафтная архитектура в формировании современного города / Л. М. Еникеева, В. Ю. Чичканова, Е. И. Прокофьев. – Текст : непосредственный // Известия КГАСУ. – 2018. – Вып. № 2 (44). – С. 56–66.
12. GRUNtopia // HYBRIDSPACELAB.NET : daily. internet-edit. – 2018. – URL: <http://hybridspacelab.net/project/gruentopia/> (reference date: 31.01.2020).
13. Sharifi, A. Resilient Urban Planning: Major Principles and Criteria / A. Sharifi, Y. Yamagata // Energy Procedia. – 2014.

KRAVCHENKO Irina Sergeevna¹, architect; DENISENKO Elena Vladimirovna², candidate of architecture, associate professor of the chair of theory and practice of architecture

PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF HYBRID ARCHITECTURE

¹Institute «KAZGRAZHDANPROEKT»

35/10, Dostoevsky St., Kazan, 420079, Russia.

Tel.: 8-965-628-13-92; e-mail: i.kravchenko.2017@yandex.ru

²Kazan State University of Architecture and Engineering

1, Zelyonaya St., Kazan, 420043, Russia. Tel.: +7 (843) 510-46-22, 8-904-764-91-27;

e-mail: e.v.denisenko@bk.ru

Key words: hybrid, structure, adaptability, typology, hybrid architecture, complex with hybrid typology.

The article describes prerequisites for the development of complexes with hybrid topology based on the analysis of the historical stages of the formation of hybrid architecture. The materials of articles, conferences, dissertations and monographs related to the development of the hybrid architecture, as well as foreign and domestic theoretical and practical design experience, are analyzed. The main results of the study are to determine the prerequisites for the formation of the hybrid architecture development in the structure of the city. The types of architectural hybridity are identified, and a forecast for the future development of the hybrid architecture is given, based on design trends and the development of construction technologies. The significance of the results obtained for architecture is the possibility to develop a new typology of hybrid complexes based on the studied experience. The analysis and systematization of the experience of working with hybrid architecture will allow us to identify an integrated approach for the development of a new hybrid space.

REFERENCES

1. Ptichnikova G.A., Antyufeev A. V. Novye morfotipy arkhitekturnogo prostranstva sovremennykh gorodov [New morphotypes of architectural space of modern cities] // Sotsiologiya goroda [Sociology of the city]. 2014. № 2. P. 5–19.
2. Ptichnikova G.A., Corolyova O.V. Gibridizatsiya v gorodskoy arkhitekture [Hybridization in urban architecture] // Sotsiologiya goroda [Sociology of the city]. 2016. № 1. P. 5–17.
3. Zanni, F. Urban hybridization // – Milan : Maggioli : Politecnica, 2012. – 498 p.
4. Gelfond A. L. Arkhitektura obschestvennykh prostranstv [Architecture of public spaces]: monografiya. – Moscow : INFRA-M, 2019. – 412 p.: il. – ISBN 978-5-16-014070-4.
5. Kiyanenko K.V. Konglomeraty, komplekсы, gibridy: patterny mnogofunktionalnosti v zhilische [Conglomerates, complexes, hybrids: patterns of multifunctionality in housing] // Zhilischnye strategii [Russian Journal of Housing Research]. 2018. Vol. 5. № 2. P. 119–136.
6. Elyukhina V. A., Krasnobaev I. V. K voprosu o vzaimosvyazi arkhitektury i stroitelnykh tekhnologiy (po materialam zarubezhnykh publikatsiy) [On the question of relationship of



architecture and building technologies (on the materials of foreign publications)] // *Izvestiya KGASU* [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering]. 2019. Iss. № 2 (48). P. 40–47.

7. De Souza e Silva A. From Cyber to Hybrid: Mobile Technologies as Interfaces of Hybrid Spaces // *Space & Culture*. 2006. № 9 (3). P. 261–278.

8. Mozas J., Aurora Fernandez Per, Arpa J. 50 HYBRID BUILDINGS // *Architecture+Technology* magazine. Barcelona: Vitoria-Gasteiz, 2020, 272 p.

9. Waldheim C. Landscape as Urbanism: A general theory // Princeton Architectural Press, N-Y. 2016. P. 2–11.

10. Cambra J., Bloom E., Goodnight C. Architecture for a Hybrid Landscape: Proposals for the California Delta. C: California College of the Arts, 2012, 112 p.

11. Enikeeva L. M., Chichkanova V. Yu., Prokofev E. I. Urbanizirovannaya ladshaftnaya arkhitektura v formoobrazovanii sovremennogo goroda [Urbanized landscape architecture in the formation of a modern city] // *Izvestiya KGASU* [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering]. 2018. Iss. № 2 (44). P. 56–66.

12. GRUNtopia // HYBRIDSPACELAB.NET : daily. internet-edit. 2018. URL: <http://hybridspacelab.net/project/gruentopia/>.html (reference date: 31.01.2020).

13. Sharifi A., Yamagata Y. Resilient Urban Planning: Major Principles and Criteria // *Energy Procedia*, 2014.

© И. С. Кравченко, Е. В. Денисенко, 2021

Получено: 20.04.2021 г.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 72.007+725.94

А. Л. ГЕЛЬФОНД, академик РААСН, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой архитектурного проектирования

О МЕМОРИАЛЬНЫХ ПАМЯТНИКАХ В ТВОРЧЕСТВЕ АРХИТЕКТОРА С. А. ТИМОФЕЕВА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: gelfond@bk.ru

Ключевые слова: монумент, мемориал, памятник, общественное пространство, площадь.

Анализируется отдельное направление в творчестве известного нижегородского зодчего, Заслуженного архитектора РФ, члена-корреспондента РААСН – Сергея Александровича Тимофеева – проектирование мемориальных памятников. Монументы рассматриваются, прежде всего, как организаторы общественного пространства площадей, парков, скверов. Отдельное внимание уделяется образной стороне, теме символики и метафоры. Статья подготовлена к 800-летию Нижнего Новгорода на основе интервью, взятого ее автором у С. А. Тимофеева и сопровождается фотографиями памятников, сделанными ее автором.

Введение

Заслуженный архитектор Российской Федерации, член-корреспондент РААСН Сергей Александрович Тимофеев – выдающийся советский и российский архитектор – стоял у истоков Нижегородской архитектурной школы. Именно их приезд вместе с Борисом Сергеевичем Нелюбиным в город Горький в далеком 1962 году стал «точкой отсчета» в становлении горьковской архитектуры и определил во многом вектор ее развития. Широко известны архитектурные произведения С. А. Тимофеева: Театр кукол, «Диалог-Банк», жилые дома и офисные здания... Но есть в творчестве мастера отдельная тема, которая имеет поэтический характер и играет важную воспитательную роль: Сергею Александровичу довелось создать целый ряд известных мемориальных памятников. В год 800-летия Нижнего Новгорода, когда большое внимание уделяется памяти поколений и архитектурным средствам ее формирования, обратимся к их рассмотрению.

Данная статья написана на основе интервью, которое любезно дал мне Сергей Александрович 6 июля 2021 года. Слушая интересный рассказ о творческом поиске при создании монументов, поиске, основанном на ответственности за организацию архитектурной среды города в целом, я вспоминала слова Анны Голубкиной, обращенные к скульпторам: «Выявление идеи сущности посредством воссоздания главного во всей полноте и игнорирования деталей реальной повседневности, конечно, не есть ложь, а высший реализм» [1, с. 129].

Монумент как организатор пространства

Мемориальный комплекс «Вечный огонь» в Нижегородском кремле, архитекторы: Б. С. Нелюбин, В. Я. Ковалев, С. А. Тимофеев; художники: В. В. Любимов, Э. Э. Ламстер, А. М. Швайкин, Н. П. Топунов – разрабатывался в проектом институте «Горьковгражданпроект» в 1964–1965 гг.

В 1964 г. Горисполком города Горького принял решение: «К 20-й годовщине



Победы создать памятный комплекс в честь горьковчан, погибших в годы Великой Отечественной войны». По инициативе главного архитектора города Юрия Николаевича Бубнова был объявлен конкурс на разработку проекта мемориального комплекса. В финал конкурса вышли проекты трех архитекторов – Бориса Сергеевича Нелюбина, Василия Яковлевича Ковалева и Сергея Александровича Тимофеева. Авторы решено было объединить в творческий коллектив, который продолжил совместную работу над проектом. Окончательный вариант включил ключевые композиционные решения, заложенные в конкурсных проектах победителей.

Рассказывает автор мемориала С. А. Тимофеев: «У нас было три варианта. Б. С. Нелюбин строил композицию на сочетании двух длинных стел. У В. Я. Ковалева центром композиции была поперечная стенка. У меня – плита с вечным огнем, но она стояла там, где Обком партии. Нелюбин определил место для вечного огня. Нас объединили в один проект. В. Я. Ковалев поставил танк уже позже (в 1970 г.). Консультантом по посадке деревьев был В. И. Долганов, известный московский архитектор, автор всех посадок в Московском кремле».

Мемориальный комплекс Вечного огня расположен в Нижегородском кремле на открытой площадке, с которой открывается прекрасный вид на Волгу и заволжские дали (рис. 1 цв. вклейки). Линейная композиция мемориала развивается от обелиска в честь руководителей народного ополчения 1612 г. К. Минина и Д. Пожарского и воспринимается как единый ансамбль с ним [2, с. 275].

Ансамбль включает несколько элементов – центральную плиту квадратную в плане с вечным огнем, две гранитные стелы, танк Т-34, позолоченные венки в память без вести пропавших солдат (установлены в 1980-е гг.), плачущие ивы. На одной из стел изображены бойцы (художник В. В. Любимов) и дата начала и окончания Великой Отечественной войны, на обратной стороне нанесены имена горьковчан – Героев Советского Союза, погибших на фронте, и надпись: «Вечная слава горьковчанам, погибшим в боях за свободу и независимость нашей Родины!». На боковой стороне стелы золотыми буквами выбиты стихи нижегородского поэта В. В. Половинкина:

«Товарищи, помните жизнь отстоявших,
Они сберегли нам и солнце, и радость.
За честь, за свободу, за Родину павших
Навеки считайте идущими рядом».

Все композиционные элементы ансамбля облицованы гранитными плитами, хотя сначала весь комплекс предполагалось создать из монолитных гранитных блоков. Также по первоначальному замыслу авторов вокруг центральной плиты планировалось разбить газон. Замощение площадки выполнено из гранитных плит с разбивкой на карты.

Другой мемориальный комплекс, посвященный победе советского народа в Великой отечественной войне, – памятный знак «Победа 1945 г.» на площади Жукова, архитектор С. А. Тимофеев, 2000 г. – расположен в Приокском районе на площади Маршала Жукова. В 1999-м году по инициативе главного архитектора города Александра Евгеньевича Харитоновича был объявлен городской конкурс на памятный знак «Победа 1945 г.» на площади Маршала Жукова в Приокском районе Нижнего Новгорода. Первое место в конкурсе занял проект архитектора Сергея Александровича Тимофеева.

С. А. Тимофеев так рассказывает о своем творческом замысле: «Площадь – большое пространство, которое необходимо было организовать именно с помощью



этого мемориала. Так появилась идея круга, который «удерживает» пространство. Круглая композиция на невысоком трехступенчатом подиуме с вечным огнем по центру была навеяна темой каменного цветка. Еще был задуман водопад (не осуществлен). Концепция строится на двух метафорах: горечь войны и радость победы».

Стены бруствера символизируют преклоненные знамена и одновременно военные действия, которые велись в разрушенных городах. Монумент выполнен в облицовке гранитными плитами, в основе цветового решения – идея контраста: черные стены бруствера, белые колонны (одновременно светильники), красные пьедесталы. Поле внутри круга замощено брусчаткой.

Позже на площади была возведена фигура маршала Г. К. Жукова, скульптор Алексей Анатольевич Щитов, архитектор Сергей Викторович Шорохов. Проектирование велось в конце 2014 – начале 2015 г., торжественное открытие памятника состоялось 8 Мая 2015 г.

Рассказывает автор проекта памятника маршалу, архитектор Сергей Викторович Шорохов: «Образность этого монумента мы выбрали под стать масштабу личности и характеру Георгия Константиновича Жукова: основательный, прямолинейный, стоящий на земле твердо и непоколебимо. Отсюда простой, массивный силуэт: мощная бронзовая фигура маршала в шинели, стоящая на лаконичном и грубом постаменте, сложенном подобно некоему защитному блиндажу из крупных каменных блоков. На памятнике умышленно нет ни памятных табличек, ни дат жизни, ни каких-либо подробностей о биографии маршала – только простое по начертанию, вырубленное в камне, известное всем имя: Георгий Жуков».

Мемориальный комплекс нижегородцам, погибшим в Афганистане и Чечне, скульптор И. И. Лукин, архитектор С. А. Тимофеев, проект 1994 г., открытие 2002 г., находится в парке «Швейцария» над высоким берегом Оки на центральной аллее и установлен по оси главного входа в парк.

Первое архитектурно-пространственное решение мемориала разработали скульптор Иван Иванович Лукин и сотрудники творческой мастерской архитектора В. Ф. Быкова. Уже тогда в композиции присутствовал ангел, поддерживающий умирающего воина. Интересно, что свою идею С. А. Тимофеев, по его рассказу, нарисовал сразу на градсовете, посвященном этому объекту. Она сложилась под впечатлением пустыни, памятников Средней Азии – архитектуры Хивы, Самарканда. Высокая колонна, которую венчает бронзовая фигура ангела, поддерживающего смертельно раненного воина, словно окружена четырьмя каменными «свечами». Между этими элементами запроектированы очень узкие подьемы на платформу, которые символизируют узкие улочки восточных городов. В то же время композиция вызывает ассоциации с пятиглавыми церквями, но не с луковичными, а с полусферическими завершениями. Построенная на метафорах и реминисценциях и оказывающая сильное эмоциональное воздействие идея пошла в окончательную разработку и была воплощена (рис. 2 цв. вклейки).

Все элементы памятника выполнены из массива – целькового светлого гранита, что придает объекту материальность и монументальность.

Через несколько лет общество афганцев по просьбе матерей военнослужащих обратилось с просьбой отразить на мемориале фамилии воинов. С. А. Тимофеев доработал композицию, и появились белые наклонные стелы и темные плиты между ними с именами 498 солдат-нижегородцев, погибших во время проведения военных операций в Афганистане и Чечне.

Военные действия, катастрофы, героизм и мужество человека, проявленные в это время, – наиболее частая тема для отражения в мемориальных памятниках.

**К СТАТЬЕ А. Л. ГЕЛЬФОНД «О МЕМОРИАЛЬНЫХ ПАМЯТНИКАХ
В ТВОРЧЕСТВЕ АРХИТЕКТОРА С. А. ТИМОФЕЕВА»**



Рис. 1. Мемориальный комплекс «Вечный огонь» в Нижегородском кремле



Рис. 2. Мемориальный комплекс нижегородцам, погибшим в Афганистане и Чечне



Рис. 3. Памятник нижегородцам, погибшим при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС



Рис. 4. Памятный знак «Горьковчанам – доблестным труженикам тыла»

Памятник нижегородцам, погибшим при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г., скульптор И. И. Лукин, архитектор С. А. Тимофеев, 2009 г., расположен в Канавинском районе, в сквере А. А. Бетанкура на оси Спасского Староярмарочного собора. МонуMENT был открыт 9 сентября 2009 года.

Фигура ангела со скрещенными на груди руками получила название «Скорбящий ангел». Стройная лаконичная бронзовая фигура ангела в длинных струящихся одеждах, складки которой работают как своеобразные канелюры, возвышается на шаре. Сфера – неустойчивая форма, и это сообщает ангелу динамику: он застыл в своей скорби, но в любой момент, словно, может взлететь. Большие крылья готовы развернуться за спиной. МонуMENT имеет сложную динамичную композицию, которая продиктована одновременно его художественным решением и организацией пространства сквера. Двухметровая бронзовая статуя возвышается на сфере, которая венчает белый куб, установленный на черном пьедестале. Каждый из элементов композиции глубоко символичен в своей метафорической трактовке: расколотый камень кубической формы символизирует расколотую катастрофой мирную жизнь. Сфера символизирует атом, фигура ангела – скорбь.

По рассказу Заслуженного архитектора РФ, автора памятника С. А. Тимофеева, первоначальный замысел претерпел некоторые изменения. Так, сначала по кругу вокруг монумента должны были также быть отдельные «атомы» в виде сфер, которые не были осуществлены. Кроме этого, на первых эскизах черный куб постамента был рассечен на четыре части мощными «рваными» расколами. Сейчас фигурный раскол проходит по основной продольной оси, совпадающей с осью собора, а по поперечной щель имеет правильный геометрический абрис. Изменилось и цветовое решение: вначале в нем отсутствовал белый цвет, все было в черной гамме. По замыслу архитектора С. А. Тимофеева, ангел должен был быть не спокойным, как на могиле, а трепещущим, словно мощный взрыв потряс и ангела. Но скульптор И. И. Лукин видел ангела, замершим в своей скорби.

На отдельных глыбах высечены тексты: «Нижегородцам участникам ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г.», «Вечная память за подвиг вами совершенный». И строки из Послания Иоанна «В любви нет страха, но совершенная любовь изгоняет страх» (1 Ин 4:19) и Евангелия от Иоанна «Нет больше той любви, как если кто положит душу свою за друзей своих» (Ин 15:13).

Памятник является центром композиции бульвара – сквера А. А. Бетанкура (рис. 3 цв. вклейки). На обозначенной концентрическим рисунком покрытия круглой площади расположены четыре призматических стелы с открытыми углами, закрепленными полусферами. МонуMENT выполнялся по заказу Нижегородской Епархии, при участии предприятий атомной промышленности. Отдельные элементы памятника по чертежам мастера делали в Белоруссии, затем доставили из Минска и смонтировали на месте.

Памятный знак «Горьковчанам доблестным труженикам тыла» в Нижегородском кремле, скульпторы А. Щитов, А. Симонов, К. Шаронов, архитектор С. А. Тимофеев, был установлен в Нижегородском кремле в 2020 году напротив выставки оружия по оси с памятником Георгию Победоносцу (скульптор Т. Г. Холуева, архитектор А. Б. Холуев, 1995 г.) и стал частью мемориального комплекса «Горьковчане – фронту». Задача сделать памятный знак труженикам тыла к 75-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. была поставлена в феврале 2020 года. Такая идея существовала давно, и настало время



для ее воплощения. Сначала подразумевалось, что это будет небольшой знак, но потом решили сделать развитую композицию. Главный архитектор Нижегородской области, Сергей Геннадьевич Попов, определил это место – на оси памятника Георгию Победоносцу.

Архитектор С. А. Тимофеев шел в своих поисках от изначальной композиции скульптора. Сначала скульптор Алексей Анатольевич Щитов сделал композицию, которая включала фигуры старика, мальчика, чертежника с чертежной доской, а также шестеренку. С. А. Тимофеев стал развивать композицию, сам лепил варианты моделей. По мнению архитектора, при такой знаковой теме в мемориале должна была непременно появиться женская фигура – именно женщины доблестно трудились в тылу, когда мужчины воевали на фронтах Великой Отечественной войны. В результате сложилась композиция – три бронзовые фигуры: женщины, пожилого мужчины и мальчика на фоне флагов и прозрачного колеса, символизирующего технику военного времени, которую делали на горьковских заводах (рис. 4 цв. вклейки). Постамент выполнен из массива гранита – это невысокая усеченная пирамида на призматическом подиуме. Такое преднамеренное приближение фигур к зрителю символизирует простоту каждодневного самоотверженного труда.

Монумент сооружался в самые сжатые сроки: от эскиза до воплощения прошло два месяца! Авторы проявили большое упорство и творческую настойчивость. Скульптор А. Щитов лепил фигуры в Москве вместе с помощниками, отливку вели в разных городах. Постамент выполнили из камней, которые были в Ярославле на заводе. Скульптор А. А. Щитов: «Мне хотелось передать то время. Чтобы у тех, кто смотрит на этот памятник, было ощущение той эпохи. Очень долго выбирали и цвет бронзы, и камень. Когда я работал над ним, мне было интересно, как выглядели заводы той эпохи... Возникало ощущение мощи: работа в разрушенных цехах не прекращалась ни на день». 2 июля 2020 года Нижнему Новгороду было присвоено почетное звание Российской Федерации «Город трудовой доблести», и к этому важному событию было приурочено открытие памятника.

В конце статьи обращусь к более камерному произведению – памятнику митрополиту Нижегородскому и Арзамасскому Николаю (Кутепову) у здания Духовной семинарии на Похвалинском съезде, скульптор А. А. Щитов, архитектор С. А. Тимофеев, проект 2018 г., реализация 2019 г. Главной идеей архитектора и скульптора было удержать свободное пространство вокруг монумента, предложив сосредоточиться и задуматься перед скульптурой. Бронзовая статуя изображает Н. В. Кутепова, сидящим на кушетке, которая установлена на камне без плинта для максимального приближения к зрителю. Митрополит одновременно полон созерцания, углублен в свои мысли мудрого человека и смотрит на любимый город, ведь с этой точки открывается прекрасный широкий вид на заречные дали.

Заключение

Механизм нашей памяти – одно из самых неизведанных явлений. Однако будь это простое механическое приобретение навыков, «сфера чистых воспоминаний», особая «образная память» – это всегда мост между прошлым, настоящим и будущим, воссоздание прошлого в настоящем. Особая роль здесь отводится мемориалам, и роль очень сложная.

Дело в том, что ролью памятника как организатора пространства постоянно озабочена общественность во всем мире. Причем предлагаемые подходы носят подчас дискуссионный характер. Так, в 2019 году перед пандемией в США состоялась художественная выставка под названием «Новые памятники для новых городов», посвященная именно этому вопросу. Рассчитанная на год,



она охватила пять различных проектов в разных городах по всей Северной Америке. Цель инициативы состояла в том, чтобы побудить местных художников «преобразовать недостаточно используемую инфраструктуру в новые культурные ландшафты», с одновременным обсуждением того, каким должен быть памятник в XXI веке. Озабоченность при этом вызывал тот факт, что подчас памятники конкретным личностям, фиксирующие значимые общественные пространства, не имеют смысла для молодого поколения, потому что оно не знает, кто эти люди. В этой связи возможна ли замена этих памятников чем-то более узнаваемым в современной цифровой культуре и поп-культуре [3].

Представляется, что роль мемориального памятника должна оставаться мемориальной, иначе исчезает сам его смысл, и можно свести роль монумента до городской игрушки или уличной скульптуры, которая наполняет города во всем мире. Подчеркну, что я преднамеренно отвлеклась, чтобы акцентировать внимание на том, что это совершенно разные вещи.

...В более ранних статьях мы уже отмечали, что в древнем Нижнем Новгороде сохранился единственный дореволюционный монумент – обелиск, установленный в 1828 г. в честь руководителей народного ополчения 1612 г. Кузьмы Минина и Дмитрия Пожарского в Нижегородском кремле, а все остальные существующие памятники появились значительно позже. «Таким образом, роль памятника как организатора открытого общественного пространства сформировалась в древнем городе достаточно недавно: в советскую и постсоветскую эпоху. Играя важную роль в патриотическом воспитании, при общем мемориальном значении и разном градостроительном положении, все эти разновеликие и разномасштабные объекты являются объединяющим началом для разнохарактерного окружения. Словно некие «замковые камни» они скрепляют городскую среду, обеспечивая ее целостность и остроту восприятия разными адресатами» [4, с. 52].

Ключевым понятием при анализе монументов и их роли в городе является архитектурная среда. Жизнь памятника загадочна и непредсказуема: возникнув как отклик на определенное событие, он может утратить свою актуальность, когда изменится отношение к этому событию. Примером может послужить парк «Музеон» в Москве – парк скульптуры и потерявших свое место монументов. Это особая искусственная музейная среда, организованная в полном соответствии с названием. Здесь скульптуры экспонируются, а не живут своей городской жизнью. Но для монумента очень важно место, градостроительное положение, в котором его создавали авторы – скульпторы и архитекторы, а также живая среда города, которая сформировалась вокруг него.

«Чтобы дать пространство как самостоятельный живой организм, нужно обогатить его меняющимися аспектами, постоянно новыми образами его воплощения» – писал немецкий искусствовед А. Э. Бринкман в книге «Площадь и монумент как проблема художественной формы», переведенной на русский язык в 1935 году [5, с. 91]. Этот фундаментальный труд определил подход к монументальной скульптуре, обозначив ее роль в формировании архитектурной среды городов как организатора общественных пространств. Этого творческого кредо и придерживается в своих произведениях известный российский архитектор С. А. Тимофеев.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калугина, О. В. Правда жизни и правда и правда искусства в творческом методе русских скульпторов второй половины XIX – начала XX века: к постановке проблемы / О. В. Калугина. – Текст : непосредственный // Вестник РГГУ. Серия «Философия. Социология. Искусствоведение». – 2018. – № 1. – С. 120–132.
2. Нижний Новгород. Иллюстрированный каталог объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) федерального значения, расположенных на территории Нижнего Новгорода : в двух книгах / [ответственный редактор А. Л. Гельфонд]. – Нижний Новгород : Кварц, 2018. – Книга 2. – 640 с. : ил. – Текст : непосредственный.
3. Jennifer Nalewicki. What Should a Contemporary Monument Look Like? – URL: <https://www.smithsonianmag.com/travel/what-should-contemporary-monument-look-180971516/> February 22, 2019 (дата обращения: 20.09.2021).
4. Гельфонд, А. Л. Монумент в общественных пространствах Нижнего Новгорода / А. Л. Гельфонд. – Текст : непосредственный // АСADEMIA. Архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 52–59.
5. Бринкман, А. Э. Площадь и монумент как проблема художественной формы / А. Э. Бринкман ; перевод с 3-го немецкого издания со вступительной статьей и комментариями Игнатия Хвойника. – Москва : Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1935. – 296 с. : ил. – Текст : непосредственный.

GELFOND Anna Lasarevna, academician of RAACS, doctor of architecture, professor, holder of the chair of architectural design

ABOUT MEMORIAL MONUMENTS IN THE CREATIVE WORKS OF ARCHITECT S. A. TIMOFEEV

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: gelfond@bk.ru

Key words: monument, memorial, public space, square.

The article analyzes a separate direction in the work of the famous Nizhny Novgorod architect, Honored Architect of the Russian Federation, corresponding member of the RAACS, Sergey Aleksandrovich Timofeev – the design of memorial monuments. Monuments are considered primarily as organizers of the public space of squares and parks. Special attention is paid to the figurative side, the theme of symbolism and metaphor. The article was prepared for the 800th anniversary of Nizhny Novgorod on the basis of an interview taken by its author from S.A. Timofeev. The article is accompanied by photographs of monuments made by its author.

REFERENCES

1. Kalugina O. V. Pravda zhizni i pravda i pravda iskusstva v tvorcheskom metode russkikh skulptorov vtoroy poloviny XIX – nachala XX veka: k postanovke problemy [The truth of life and the truth of art in the creative method of Russian sculptors of the second half of the XIX – beginning of the XX century: towards the formulation of the problem] // Vestnik RGGU. Seriya "Filosofiya. Sotsiologiya. Iskusstvovedenie" [RSUH/RGGU bulletin. Series Philosophy. Social Studies. Art Studies]. 2018, № 1. P. 120–132.
2. Nizhniy Novgorod. Illyustrirrovanny katalog obektov kulturnogo naslediya (pamyatnikov istorii i kultury) federalnogo znacheniya, raspolozhennykh na territorii Nizhnego Novgoroda [Nizhny Novgorod. Illustrated catalog of cultural heritage sites (historical and cultural monuments) of federal significance located on the territory of Nizhny Novgorod]: v dvukh knigakh / [otv. red.



A. L. Gelfond]. – Nizhny Novgorod, Kvarts : 2018. Kniga 2. – 640 p. : il.

3. Jennifer Nalewicki. What Should a Contemporary Monument Look Like? – URL: <https://www.smithsonianmag.com/travel/what-should-contemporary-monument-look-180971516/> February 22, 2019 (data obrascheniya: 20.09.2021).

4. Gelfond A. L. Monument v obschestvennykh prostranstvakh Nizhnego Novgoroda [The monument in the public spaces of Nizhny Novgorod] // ACADEMIA. Arkhitektura i stroitelstvo [ACADEMIA. Architecture and construction]. – 2013. – № 3. – P. 52–59.

5. Brinkman A. E. Ploschad i monument kak problema khudozhestvennoy formy [The square and the monument as a problem of an art form] / Per. s 3-go nem. izd. so vstupit. stat. i komment. Ignatiya Khvoynika. Moscow : Izd-vo Vsesoyuznoy akademii arkhitektury, 1935. – 296 p. : il.

© А. Л. Гельфонд, 2021

Получено: 08.10.2021 г.

УДК 721.01

А. А. ЯКОВЛЕВ, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования; А. В. ЗАХАРЧУК, соискатель уч. степ. канд. архитектуры кафедры архитектурного проектирования

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНОГО АНАЛОГА В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: oootma@inbox.ru; angelazaharchuk@gmail.com

Ключевые слова: компьютерное моделирование, архитектурный дизайн, природный аналог, концептуальное проектирование.

Модернизация системы общего, дополнительного и профессионального образования России включает в себя реализацию проектов по внедрению современных моделей, программ, технологий и инноваций, ориентированных на развитие компетенций и навыков XXI века в целях повышения эффективности системы профобразования в целом. Использование современных методов образования, связанных с активным внедрением цифровых технологий, совместно с актуальными направлениями в проектировании, приводят к положительному результату в развитии творчества и профессионального мастерства у студентов творческих специальностей [1–4].

Введение

Расцвет «цифровой эпохи» (цифровое представление информации) мирового общественногоразвития, пришедший на смену информатизации и компьютеризации, с целью повышения эффективности показателей экономической и социальной жизни, определил задачи по реализации современной образовательной концепции, основанной на комплексном и системном внедрении инновационных технологий и формировании единой цифровой сети, ориентированной на индивидуализацию обучения и творческую направленность в освоении практических навыков у учащихся [5, 6].



В условиях развития цифровых технологий роль трехмерного моделирования и визуализации в архитектурном проектировании часто упускается из виду и недооценивается. Компьютерные технологии все шире применяются для создания цифровых копий (моделей), виртуальной реконструкции объектов культурного и природного наследия [7, 8].

Создание трехмерных моделей на основе аналога (прототипа) включает в себя разработку трехмерного цифрового эскиза (3D-скетча) на этапе концептуального проектирования, что помогает архитекторам не бояться работать со сложной формой и пространством в трехмерной среде. Кроме этого, цифровое моделирование является важным этапом в создании физических моделей (прототипирование и 3D-печать сложных элементов дизайна, скульптинга, оболочек), которые имеют ряд преимуществ: способствуют развитию интуитивной формы и аналогии; делают процесс обучения более эффективным, творческим и продуманным; позволяют работать с моделью, световым дизайном, обладают тактильностью.

Применение компьютерной графики и специальных программных приложений (продуктов) в современной учебной практике, включая процесс моделирования и работу с 3D-графикой, является неотъемлемой частью формирования современной цифровой образовательной среды как совокупности традиционных и инновационных форм обучения в реализации творческого замысла при подготовке студентов соответствующих специальностей [9, 10].

Теоретические основы развития цифровой архитектуры

Тема концепций, анализ авторских концепций и идей архитектурно-художественного синтеза, принципы и аналогии (прототипы) в развитии архитектурной идеи, эстетические теории современности в концепциях под лозунгом «навстречу природе», с изучением культурных, эстетических, художественных и других аспектов, отражены в научных трудах авторов Раппапорта А. Г., Дущева М. В., Курбатовой Н. В., Вытулаевой К. О., Темниковой О. А., Буракова К. В., Заславской А. Ю.

Теория формообразования в архитектуре в сравнении статики и динамики, с точки зрения современных тенденций в развитии архитектурной формы и ее изменяемостью относительно искусственной среды обитания рассматривается в трудах Сапрыкиной [11]. В работе И. А. Добричиной направление цифровой архитектуры (дигитальной, топологической) имеет значение как перспективное направление, утверждающее эстетику свободной формы и тесное развитие совместно с компьютерными и цифровыми технологиями, представляющее собой парадигматический сдвиг в архитектуре XXI века.

Информационные технологии в архитектурном проектировании приобрели популярность в 90-е годы XX в., с расцветом компьютерных технологий и производством специального программного обеспечения в проектной деятельности (в работах архитекторов П. Эйзенмана, Ф. Гери, З. Хадид, Р. Колхас и др.). Математические принципы моделирования посредством компьютерной графики и специальных программных продуктов часто применимы в экспериментальном проектировании и поиске новых форм (структур) (тасселяция, триангуляция, топология, гексоральная сетка, фракталы) [12].

Основные понятия. Понятие *цифровой архитектуры* подразумевает использование компьютерного моделирования, программирования, визуализации для создания как виртуальных, так и физических структур [5, 6]. Понятие *идеи природного аналога* включает в себя многообразие мира природы, используемое в обучении для творческого поиска архитектора в процессе проектирования

**К СТАТЬЕ А. А. ЯКОВЛЕВА, А. В. ЗАХАРЧУК
«ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНОГО АНАЛОГА
В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ»**



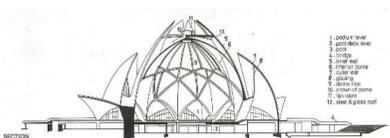
NBBJ. Проект олимпийского спортивного центра в Китае, 2022 URL: <http://www.nbbj.com/>



Каллебо, В. Концепция эко-полиса "Lilyrad" (океан, 500 тыс. кв. м, 2008–2017) URL://vincent.callebaut.org/



Чарпман Тейлор. Каспийский берег в Баку, 2007, URL: <https://www.chapmantaylor.com/>



Сахба, Ф. Храм Лотоса в Нью-Дели, 1986 URL: [https:// worldarchitecture.org/architecture-news/cvcmg/...](https://worldarchitecture.org/architecture-news/cvcmg/)



Zaha Hadid Architects. Проект аэропорта в Пекине, Китай, 2014–2019 URL: <https://www.zaha-hadid.com/>



THP Architects. Храм света в Бахаи, Чили, 2003–2016 URL: <https://losko.ru/bahai-temple-south-america/>

Рис. 1. Архитектурные концепции, аналоги

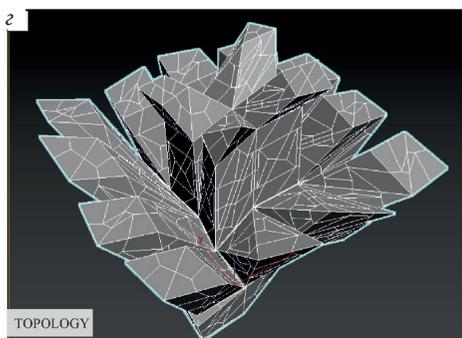
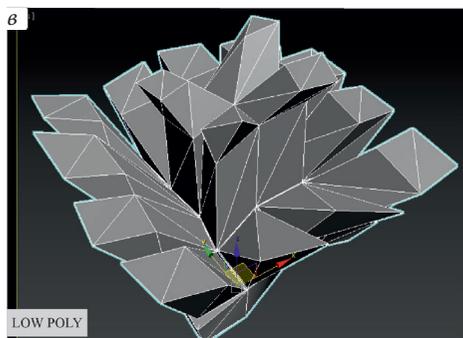
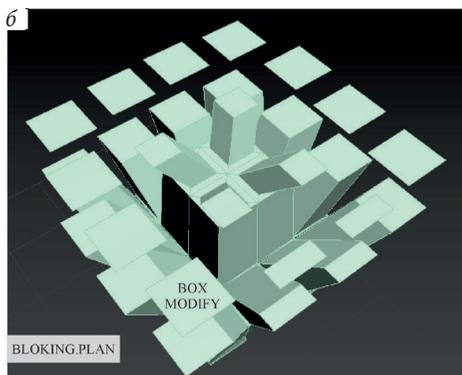
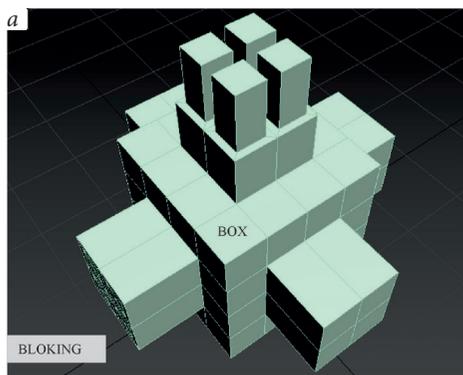


Рис. 2. Методы моделирования: а, б – блокнинг; в – полигональность; г – топология

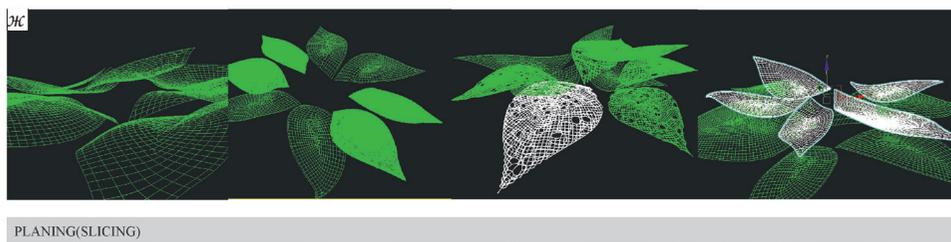
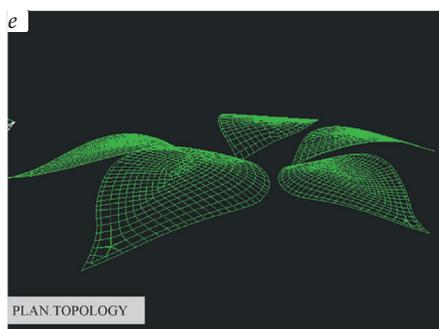
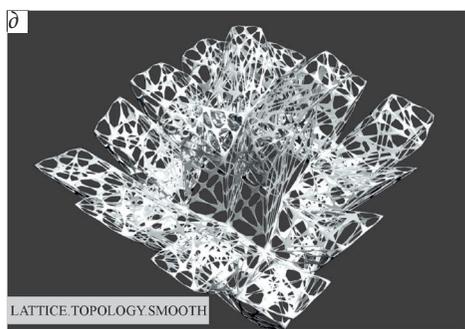
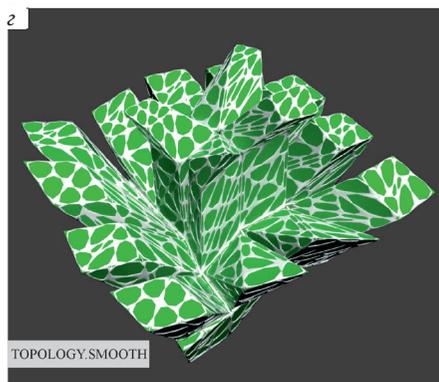
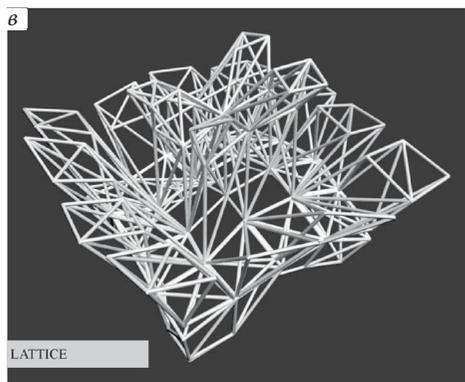
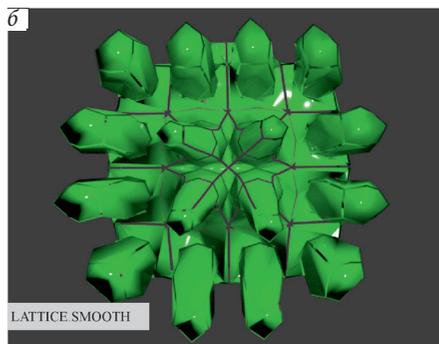
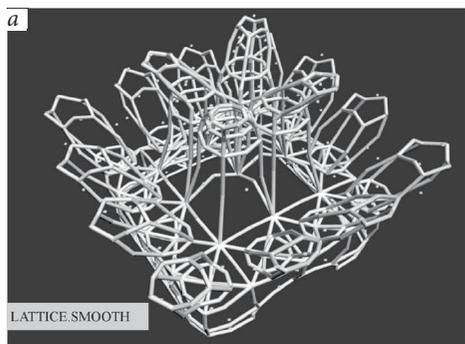


Рис. 3. Методы моделирования: *a, в, д* – создание решеток; *б, г* – сглаживание; *е, ж* – слайсинг



объектов и комплексов.

Методы компьютерного моделирования природного аналога в концептуальном проектировании

Моделирование природных форм и структур (аналогов на основе прототипа) имеет применение в отдельных проектах, когда приоритет формы имеет значение. Выбор аналогии природной формы для моделирования обусловлен: развитием творческого мышления в архитектурном и конструктивном решении объекта; развитием навыков компьютерного моделирования и работы в специализированной графической среде.

В рамках компетентностного подхода, использование 3D-скетчинга в концептуальном проектировании позволяет сформировать практикоориентированные задачи разного уровня, условия которых могут иметь разную степень сложности (в зависимости от уровня подготовки слушателей (студентов), с целью объединения двух основных уровней формообразования (концептуального и формального). Использование данного метода не является замещением традиционного скетчинга (в ручной или цифровой графике) и макетирования, а используется в качестве альтернативного метода, с целью увеличения производительности труда, уменьшения сроков работы над концепцией, основанной на определенной задаче (реализация идеи природного аналога и утверждение идейного образа).

Основные этапы разработки концепции. Разработка концепции на основе прототипа (реализации формы природного аналога), включает в себя следующие этапы: построение геометрии(формы) объекта, фиксация объекта, подготовка концепции к презентации.

Этап создания (построения) геометрии объекта (моделирование, формообразование, построение объекта) включает в себя два варианта разработки модели в зависимости от постановки задачи и развития навыков.

Первый способ – построение геометрии объекта на основе исходных данных: создание геометрии (структуры) на основе референса (заданное изображение природного аналога (структуры, организма). Цель такой задачи заключается:

– во-первых, в умении извлечения информации в поиске новых форм (создание собственной структуры) и реализации творческой идеи (например, при изучении популярных или исторических направлений в архитектуре (органическая архитектура, архитектурная бионика, устойчивое развитие);

– во-вторых, в решении сложной задачи в компьютерной среде моделирования, т. е. техническое исполнение (работа с модификаторами, оболочками, поверхностями разной кривизны).

Второй способ – на основе концепции-прототипа (заданные архитектурные концепции, реализующие идею природного аналога в архитектурном решении, соответствующего функционального назначения (тип), автора (архитектора, бюро) с целью изучения и освоения проектного метода, целей и задач реализации проекта (концепции) (см. рис. 1 цв. вклейки). Этап формирования геометрии объекта включает в себя:

– *методы построения (моделирования)*: метод аналогии (умение использовать преобраз), метод интерпретации (способность интерпретировать исходные данные в собственной идее, с построением собственной модели (структуры));

– *методы модификации формы (геометрии) объекта*: блокинг (основан на использовании стандартных инструментов (боксов), их комбинации и дальнейшей модификации) (см. рис. 2 а, б цв. вклейки); полигональный (основан на упрощении



и оптимизации геометрии) (см. рис. 2 в цв. вклейки); топологический (позволяет в короткий срок создать необходимую структуру) (см. рис. 2 г цв. вклейки); создание решеток (каркаса) (позволяет преобразовать любую геометрию в решетку и применить технику наложения объектов для выразительности) (см. рис. 3 а, в, д цв. вклейки); упрощение геометрии окружения (ландшафта): оптимизация, стилизация; эффекты сглаживания, создание сетки (см. рис. 3 б, г цв. вклейки); использование плоскостей (слайсинг плоскостное моделирование) (см. рис. 3 е, ж цв. вклейки).

Этап фиксации основных видов объекта с целью оформления и презентации концепции включает в себя принципы визуализации: подбор ракурсов, оптимальный размер изображения (для скетча), использование скриншотов в видах каркаса (*wireframe*) для создания эффекта геометрии и демонстрации сетки, визуализацию детального вида (схемы разъединения всех составных объектов); выделение фрагментов (деталей); использование встроенных движков визуализации, упрощение характеристик, экспресс-постобработка.

Презентация проекта может включать в себя не только демонстрацию концепции на заданном формате, но и 3D-печать или прототипирование физической модели, кратковременную анимацию.

Предложенная форма 3D-скетча направлена на решение кратковременных задач в разработке концепции и может быть активно использована в качестве образовательной практики в рамках профориентационной работы (знакомство со специальностью архитектура, дизайн); в учебных мастер-классах (с целью воспроизведения объекта на основе референса, прототипа в короткий срок); в программах профессионального цикла дисциплин (курсовом, дипломном или конкурсном проектировании (исключает «метод цифрового коллажа», нацелен на работу с формой); а также применима в составе курса смежных дисциплин, учебных практик по компьютерному сопровождению проектирования, в программах дополнительного образования (ДОП, элективные курсы, курсы с применением ДОТ).

Заключение

Основные преимущества моделирования сложных структур объектов на основе 3D-скетчинга для учащихся предполагает ряд преимуществ: работа в актуальном программном обеспечении (на примере программных продуктов компании *Autodesk*, учебных версий, встроенных движков визуализации); работа над идейным образом в трехмерном пространстве, работа с трехмерными телами (объектами), моделирование объектов (на примере существующих); работа с масштабом и пропорциями, доведение идеи до результата в короткие сроки, презентация концепции (будущего объекта).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года : указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027/> (дата обращения: 13.06.2020). – Текст : электронный.
2. Об утверждении Целевой модели цифровой образовательной среды : приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 2 декабря 2019 г. № 649. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73235976/> (дата обращения: 14.06.2020). – Текст : электронный.
3. Бурлаков, К. В. Особенности топологического формообразования в архитектуре рубежа XX–XXI веков : специальность 05.23.20 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Бурлаков Константин Витальевич. – Самара. – 2011. – 133 с. –



Текст : непосредственный.

4. Геворкян, Т. А. Эстетика виртуальной цифровой архитектуры / Т. А. Геворкян, Б. Л. Валкин // *Architecture and Modern Information Technologies*. – Москва, 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/estetika-virtualnoy-tsifrovoy-arhitektury> (дата обращения: 20.05.2021). – Текст : электронный.

5. Добрицина, И. А. От постмодернизма к нелинейной архитектуре: Архитектура в контексте современной философии и науки / И. А. Добрицина. – Москва : Прогресс-радиация, 2004. – 416 с. – Текст : непосредственный.

6. Добрицина, И. А. Новые проблемы архитектуры в эпоху цифровой культуры / И. А. Добрицина. – Текст : непосредственный // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2013. – № 4. – С. 42–53.

7. Леонов, А. В. Виртуальное 3D-моделирование в истории науки и техники : специальность 07.00.10 : диссертация на соискание ученой степени доктора архитектуры / Леонов Андрей Владимирович. – 2018. – URL: <https://www.dissercat.com/content/virtualnoe-3d-modelirovanie-v-istorii-nauki-i-tehniki> (дата обращения: 20.05.2021). – Текст : электронный.

8. Нечаевский, А. В. История развития компьютерного имитационного моделирования / А. В. Нечаевский. – Текст : электронный // *Системный анализ в науке и образовании*. – 2013. – № 2. – С. 103–117. – URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2013-nechaevsky-1.pdf>. – Дата публикации: 2013.

9. Рочегова, Н. А. Компьютерное моделирование в процессе формирования основ архитектурной композиции : специальность 05.23.20 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры / Рочегова Наталья Александровна ; Московский архитектурный институт. – Москва, 2010. – Текст : электронный // Российская государственная библиотека: электронная библиотека диссертаций. – URL: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01004613565#?page=1> (дата обращения: 09.12.2020).

10. Рочегова, Н. А. На волнах цифровой архитектуры. Опыт отечественной проектной мастерской / Н. А. Рочегова / Московский архитектурный институт. – Москва, 2013. – URL: <https://marhi.ru/AMIT/2013/4kvart13/rochegova/rochegova.pdf> (дата обращения: 20.05.2021). – Текст : электронный.

11. Сапрыкина, Н. А. Основы динамического формообразования в архитектуре : учебник для вузов / Н. А. Сапрыкина. – Москва : Архитектура-С, 2005. – 312 с. (Специальность «Архитектура»). – ISBN 5-9647-0042-X. – Текст : непосредственный.

12. Цифровая архитектура HiSoUR. – URL: <https://www.hisour.com/ru/digital-architecture-27956/> (дата обращения: 24.05.2021).

YAKOVLEV Andrey Aleksandrovich, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design; ZAKHARCHUK Anzhela Vladimirovna, applicant for a scientific degree of the candidate of architecture of the chair of architectural design

DIGITAL MODELING OF A NATURE ANALOGUE IN ARCHITECTURAL DESIGN

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia, Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: oootma@inbox.ru; angelazaharchuk@gmail.com

Key words: computer modeling, architectural design, natural analogue, concept designing.



Modernization of the system of general, additional and vocational education in Russia includes the implementation of projects to introduce modern models, programs, technologies and innovations focused on the development of competencies and skills of the 21st century in order to increase the efficiency of the professional education system as a whole. The use of modern educational methods associated with the active implementation of digital technologies, together with current trends in design, lead to a positive result in the development of creativity and professional skills among students of creative specialties, which finds its effectiveness in the high-quality execution of educational projects.

REFERENCES

1. О национальнх tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda [On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024] : ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 maya 2018 g. № 204. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027/> (data obrascheniya: 13.06.2020).
2. Ob utverzhdenii Tselevooy modeli tsifrovoy obrazovatelnoy sredy [On approval of the Target model of the digital educational environment]: prikaz Ministerstva prosvescheniya RF ot 2 dekabrya 2019 g. № 649. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73235976/> (data obrascheniya: 14.06.2020).
3. Burlakov K. V. Osobennosti topologicheskogo formoobrazovaniya v arkhitekture rubezha XX–XXI vekov [Features of topological shaping in architecture at the turn of the XX–XXI centuries]: spetsialnost 05.23.20: diss...kand. arh. – Samara. – 2011, 133 p.
4. Gevorkyan T. A., Valkin B. L. Estetika virtualnoy tsifrovoy arkhitektury [Aesthetics of virtual digital architecture]. Architecture and Modern Information Technologies. – Moscow, 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/estetika-virtualnoy-tsifrovoy-arhitektury> (data obrascheniya: 20.05.2021).
5. Dobritsyna I. A. Ot postmodernizma k nelineynoy arkhitekture: Arkhitektura v kontekste sovremennoy filosofii i nauki [From Postmodernism to Nonlinear Architecture: Architecture in the Context of Contemporary Philosophy and Science]. Moscow: Progress-traditsiya, 2004, 416 p.
6. Dobritsyna I. A. Novye problemy arkhitektury v epokhu tsifrovoy kultury [New problems of architecture in the era of digital culture] /Academia.Arhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and Construction]. 2013. – № 4. – P. 42–53.
7. Leonov A. V. Virtualnoe 3D-modelirovanie v istorii nauki i tekhniki [Virtual 3D modeling in the history of science and technology]: spetsialnost 07.00.10: diss...dok.arh. – 2018. – URL: <https://www.dissercat.com/content/virtualnoe-3d-modelirovanie-v-istorii-nauki-i-tehniki> (data obrascheniya: 20.05.2021).
8. Nechaevsky A. V. Istoriya razvitiya kompyuternogo imitatsionnogo modelirovaniya [The history of the development of computer simulation]. Sistemny analiz v nauke i obrazovanii [System analysis in science and education]. 2013. № 2. – P. 103–117. – URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2013-nechaevsky-1.pdf> (data obrascheniya: 20.05.2021).
9. Rohegova N. A. Kompyuternoe modelirovanie v protsesse formirovaniya osnov arkhitekturnoy kompozitsii [Computer modeling in the process of forming the foundations of architectural composition]: specialnost 05.23.20: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchyonoy stepeni doktora arkhitektury / Moskovskiy arkhitekturny institut. – Moscow, 2010 // Rossiyskaya gosudarstvennaya biblioteka: elektronnyaya biblioteka dissertatsiy. – URL: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01004613565#?page=1> (data obrascheniya: 09.12.2020).
10. Rohegova N. A. Na volnakh tsifrovoy arkhitektury. Opyt otechestvennoy proektnoy masterskoy [On the waves of digital architecture. The experience of a domestic design workshop]. Moskovskiy arkhitekturny institut. – Moscow, 2013. – URL: <https://marhi.ru/AMIT/2013/4kvart13/rohegova/rohegova.pdf> (data obrascheniya: 20.05.2021).
11. Saprykina N. A. Osnovy dinamicheskogo formoobrazovaniya v arkhitekture [Foundations of dynamic shaping in architecture]: uchebnik dlya vuzov / Moscow: Arkhitektura-S, 2005, 312 p. (Spetsialnost “Arkhitektura”). – ISBN 5-9647-0042-X.



12. HiSoUR. – URL: <https://www.hisour.com/ru/digital-architecture-27956/> (дата обращения: 24.05.2021).

© **А. А. Яковлев, А. В. Захарчук, 2021**

Получено: 18.06.2021 г.

УДК 721.011.22:628.9.021

Л. Н. ОРЛОВА, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектурного проектирования

**РЕЖИМ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ
В ГОДОВЫХ ЦИКЛАХ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;
эл. почта: orludm.orlova@yandex.ru

Ключевые слова: годовые дозы облучения, режим эффективного облучения территорий в годовых циклах, компьютерный расчет.

Проведено исследование режима эффективного облучения территорий в годовых циклах. Произведен компьютерный расчет и проанализирован широтный ход изменения годовых доз облучения открытых пространств в оптическом диапазоне спектра.

Радиационное поле системы «атмосфера – земная поверхность» – это неотъемлемая компонента биосферы, экосистемы и климата Земли, характеристики которой являются носителями информации о состоянии окружающей среды.

Радиационный режим незастроенных территорий при отсутствии облачности характеризует астрономически возможные природные ресурсы облучения открытых пространств, для оценки которых необходимо в первую очередь проанализировать дозы облучения территорий в суточных и годовых циклах. Доза облучения H является именно тем физическим показателем, от которого непосредственно зависит величина фотобиологических эффектов. Вместе с тем этот компактный интегральный показатель хорошо характеризует сезонные, азимутальные и широтные особенности радиационного режима территорий.

При комплексном исследовании закономерностей поступления биологически эффективной солнечной радиации в пространства застройки [1] были изучены сезонные особенности радиационного режима в условиях свободного горизонта. Проведенный анализ выявил весьма существенную сезонную неравномерность суточных поступлений солнечного излучения на территории. Поэтому суточная доза не может выступать в качестве представительной величины для оценки режима облучения территорий. Надежную сравнительную оценку радиационного режима можно получить только на основе анализа годовых доз.

Разработанная в среде *Windows* программа *ClearSky* [1, 2] производит расчет относительных или абсолютных значений яркости на заданном участке спектра при любой точности разбивки узлов аппроксимации на небесной сфере. Наряду с построением таблицы распределения яркости, производится расчет и распечатка значений облученности горизонтальной площадки при циклическом изменении зенитного расстояния Солнца.

Принятая в качестве представительного показателя оценки радиационного режима годовая доза облучения H в первую очередь зависит от широты местности. Эти зависимости были рассчитаны и проанализированы для всей широтной полосы СНГ. Для этой цели предварительно вычислено среднегодовое распределение яркости по небосводу (рис. 1).

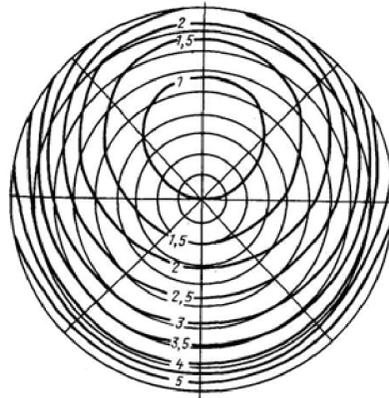


Рис. 1. Относительное среднегодовое распределение количества интегральной яркости безоблачного неба при средних условиях прозрачности атмосферы на широте Москвы ($\varphi = 55^\circ$ с. ш.). Яркость зенита $L_0 = 73,18$ кВт.ч/(м².ср)

Широтный ход изменения годовых доз прямого H_n , рассеянного H_p и суммарного H_c облучения территорий ультрафиолетовой (УФ) и интегральной (инт) радиацией представлен на рис. 1 цв. вклейки. Дозы $H_{c,уф}$ и $H_{c,инт}$ облучения горизонтальной поверхности достигают максимума на южных широтах ($\varphi = 35^\circ$ с. ш.) – 133 и 2 166 кВт.ч/м², на средних ($\varphi = 55^\circ$ с. ш.) составляют 90 и 1 550 кВт.ч/м², снижаясь на северных ($\varphi = 65^\circ$ с. ш.) до 70 и 1 250 кВт.ч/м². Широтное снижение H_n , H_p и H_c радиации любых спектральных областей носит почти линейный характер, судить о величине которого можно по изменению отношения $H(\varphi)/H(55^\circ)$. Градиенты снижения H_n выше, чем H_p и H_c , а $H_{n,уф}$, $H_{p,уф}$ и $H_{c,уф}$ несколько выше, чем у других спектральных областей вследствие большей зависимости H_n и $H_{уф}$ от высоты Солнца (рис. 2 цв. вклейки).

Основную часть $H_{c,инт}$ составляет $H_{n,инт}$ – 78–73 % (на средних широтах – 74 %). Как видно на рис. 3 а цв. вклейки, широтные колебания этого соотношения невелики, что полностью соответствует расчетным данным метеорологов [4–9]. Соотношение $H_{p,уф}$ и $H_{n,уф}$ указывает на преобладающее значение рассеянной составляющей (рис. 4 а цв. вклейки), при этом вклад $H_{n,уф}$ в $H_{c,уф}$ уменьшается с 46,5 % на южных широтах до 36,5 % на северных (рис. 3 а цв. вклейки), а вклад $H_{p,уф}$ в $H_{c,уф}$ соответственно увеличивается (рис. 3 б цв. вклейки). Доля $H_{уф}$ в $H_{инт}$ в зависимости от широты составляет для $H_{n,уф}$ 3,7–2,8 %, $H_{p,уф}$ – 15–13,2 %, $H_{c,уф}$ – 6,2–5,6 %, уменьшаясь с ростом φ (рис. 4 б цв. вклейки). На средних широтах вклад $H_{c,уф}$ в $H_{c,инт}$ не превышает 6 %. Незначительное уменьшение вклада $H_{c,уф}$ в $H_{c,инт}$ объясняется преобладанием рассеянной составляющей в $H_{c,уф}$. Приведенные соотношения близки к соответствующим расчетным данным МГУ [7].

Достоверность наших расчетных данных, как было показано в [1–3], подтверждена хорошим согласованием с результатами расчетов и данными прецизионных эмпирических измерений, осуществленных ведущими коллективами советских специалистов в рамках информационно-математических и теоретико-расчетных исследований по моделированию переноса излучения в природных средах на ЭВМ при проектировании и реализации первых космических аппаратов, а также первых космических оптических экспериментов [10].

К СТАТЬЕ Л. Н. ОРЛОВОЙ «РЕЖИМ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ В ГОДОВЫХ ЦИКЛАХ»

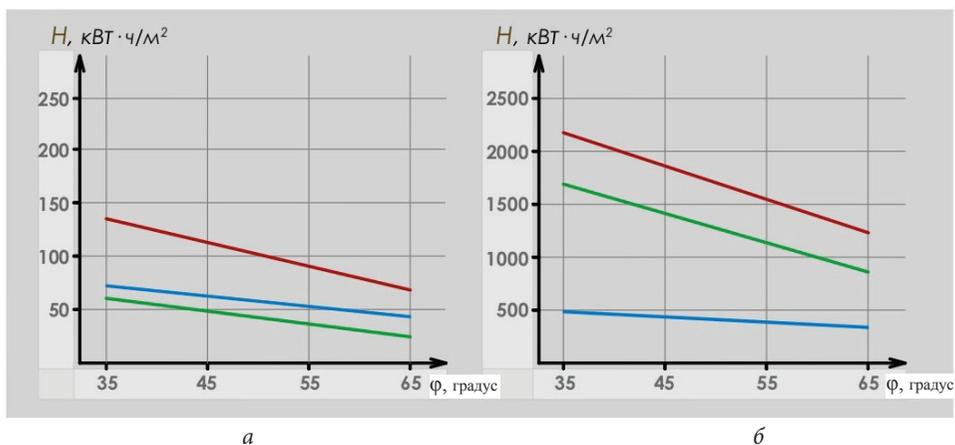


Рис. 1. Широтный ход изменения годовых доз УФ (*a*) и интегральной (*б*) радиации:
— прямой; — рассеянной; — суммарной

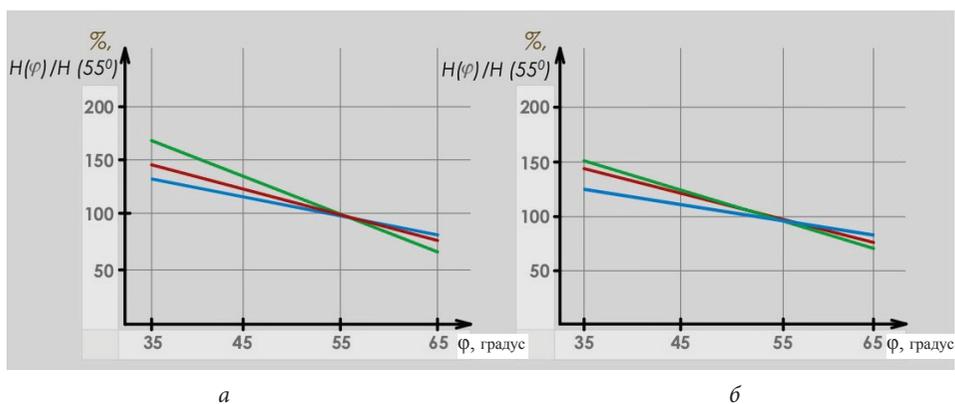


Рис. 2. Широтное изменение отношения $H(\varphi) / H(55^\circ)$ УФ (*a*) и интегральной (*б*) радиации:
— прямой; — рассеянной; — суммарной

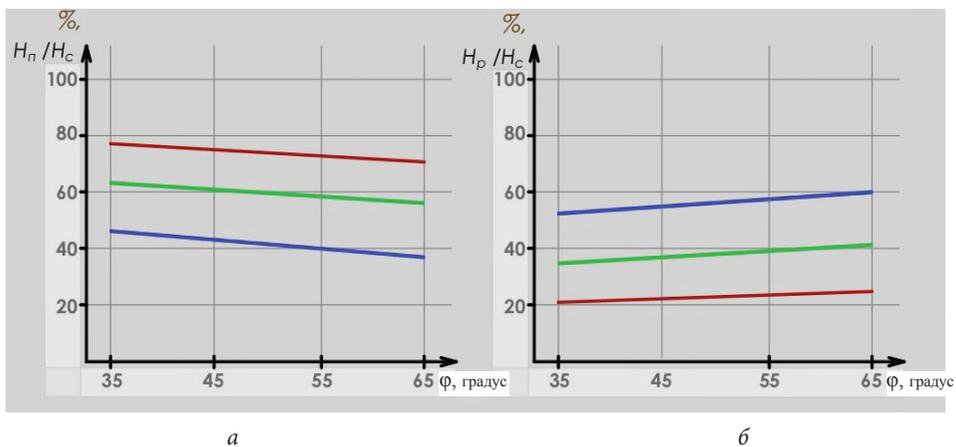


Рис. 3. Широтный ход изменения вкладов H_n (а) и H_p (б) в H_c для:
 — УФ; — видимой; — интегральной радиации

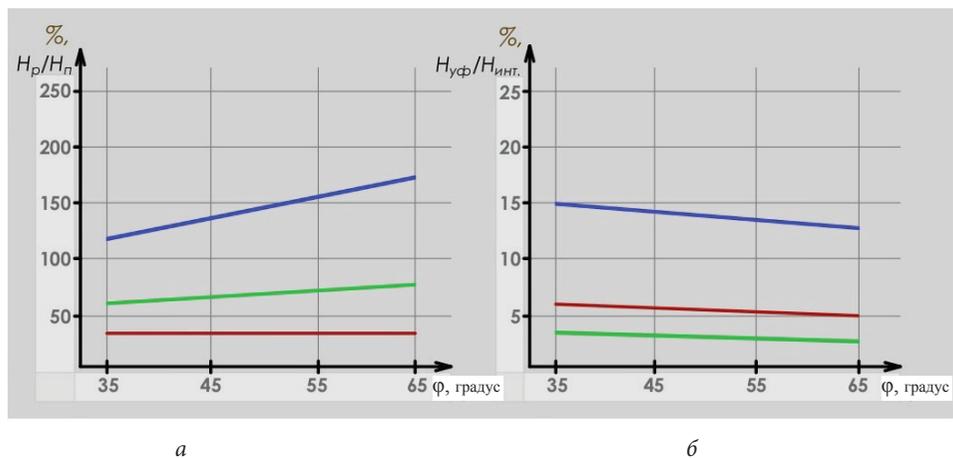


Рис. 4. Широтный ход изменения соотношения H_p и H_n (а) для:
 — УФ; — видимой; — интегральной радиации, а также
 вкладов: — H_n , УФ, — H_p , УФ, — H_c , УФ в $H_{инт}$ (б)



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлова, Л. Н. Радиационная модель безоблачной атмосферы в оптическом диапазоне спектра / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 1993. – № 2. – С. 1–4.
2. Orlova, L. N. Radiation model for a cloudless atmosphere in the optical range / L. N. Orlova // Light and Engineering. Allertonpress.Inc. – NewYork, 1993. – Vol. 1. – № 3. – P. 49–54.
3. Орлова, Л. Н. Основы формирования световой среды городской застройки : диссертация на соискание доктора технических наук / Л. Н. Орлова ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2006. – 441 с. – Текст : непосредственный.
4. Кондратьев, К. Я. Радиационные характеристики атмосферы и земной поверхности / К. Я. Кондратьев, З. И. Пивоварова, М. П. Федорова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1969. – 564 с. – Текст : непосредственный.
5. Кондратьев, К. Я. Радиационный режим наклонных поверхностей / К. Я. Кондратьев, З. И. Пивоварова, М. П. Федорова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1978. – 215 с. – Текст : непосредственный.
6. Сивков, С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации / С. И. Сивков. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1968. – 231 с. – Текст : непосредственный.
7. Белинский, В. А. Ультрафиолетовая радиация Солнца и Неба на земном шаре : атлас карт, номограмм и графиков / В. А. Белинский, Л. М. Андриенко. – Москва : МГУ, 1976. – 81 с. – Текст: непосредственный.
8. Барашкова, Е. П. Радиационный режим территории СССР / Е. П. Барашкова, В. Л. Гаевский, Л. Н. Дьяченко [и др.]. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1961. – 528 с. – Текст : непосредственный.
9. Справочник по климату СССР. Выпуск 29. Часть. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1966. – 59 с. – Текст : непосредственный.
10. Сушкевич, Т. А. О пионерских работах по математическому моделированию радиационного поля Земли при освоении космоса / Т. А. Сушкевич ; Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша РАН (ИПМ РАН). – URL: [http:// d33.infospace.ru/d33_conf/2008pdf / 1/ 21. pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/2008pdf/1/21.pdf). – Текст : электронный.

ORLOVA Lyudmila Nikolaevna, doctor of technical sciences, professor of the chair of architectural design

REGIME OF EFFECTIVE IRRADIATION OF TERRITORIES IN ANNUAL CYCLES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia, Tel.: +7 (831) 430-17-37;
e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

Key words: annual radiation doses, regime of effective radiation of territories in annual cycles, computer calculation.

The article is devoted to the study of the regime of effective irradiation of territories in annual cycles. A computer calculation was made and the latitudinal course of changes in the annual radiation doses of open spaces in the optical range of the spectrum is analyzed.

REFERENCES

1. Orlova L. N. Radiatsionnaya model bezoblachnoy atmosfery v opticheskom diapazone spektra [Radiation model for a cloudless atmosphere in the optical range] // Svetotekhnika



[Light and Engineering]. 1993. № 2. P. 1–4.

2. Orlova L. N. Radiation model for a cloudless atmosphere in the optical range // Light and Engineering. Allertonpress. Inc. /NewYork.1993.V.1. № 3. P.49–54.

3. Orlova L. N. Osnovy formirovaniya svetovoy sredy gorodskoy zastroyki [Fundamentals of the formation of the light environment of urban development]: dis. ... d-ra tekhn. Nauk; Nizhegor. gos. arkhит.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod 2006, 441 p.

4. Kondratev K. Ya, Pivovarova Z. I., Fyodorova M. P. Radiatsionnye kharakteristiki atmosfery i zemnoy poverkhnosti [Radiation characteristics of the atmosphere and the earth's surface]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1969, 564 p.

5. Kondratev K.Ya, Pivovarova Z. I., Fyodorova M. P. Radiatsionnyy rezhim naklonnykh poverkhnostey [Radiation mode of inclined surfaces]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1978, 215 p.

6. Sivkov S. I. Metody raschyota kharakteristik solnechnoy radiatsii [Methods for calculating solar radiation characteristics]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1968, 231 p.

7. Belinsky V. A, Andrienko L. M. Ultrafioletovaya radiatsiya Solntsa i Neba na zemnom share: atlas kart, nomogramm i grafikov [Ultraviolet radiation of the Sun and Sky on the globe: Atlas of maps, nomograms and graphs]. – Moscow: MGU, 1976, 81 p.

8. Barashkova E. P, Gaevsky V. L., Dyachenko L. N. [et al]. Radiatsionnyy rezhim territorii SSSR [Radiation regime of the USSR territory]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1961, 528 p.

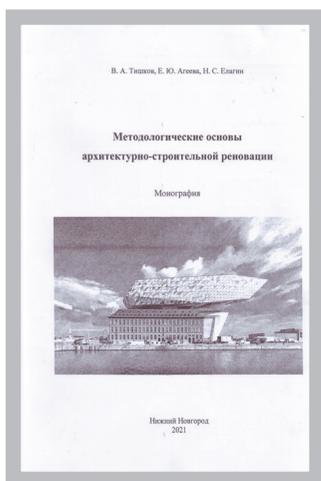
9. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 29. – Ch. 1: Solnechnaya radiatsiya, radiatsionnyy balans i solnechnoe siyanie [Reference book on climate of the USSR. Vol. 29. – Part 1: Solar radiation, radiation balance and solar radiance]. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1966, 59 p.

10. Sushkevich T. A. O pionerskikh rabotakh po matematicheskomu modelirovaniyu radiatsionnogo polya Zemli pri osvoenii kosmosa [About pioneering work on mathematical modeling of the Earth's radiation field in space exploration]. Institut prikladnoy matematiki imeny M. V. Keldisha RAN (IPM RAN). – URL: http://d33.infospace.ru/d33_conf/2008pdf/1/21.Pdf.

© Л. Н. Орлова, 2021

Получено: 02.10.2021 г.

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



Тишков, В. А. Методологические основы архитектурно-строительной реновации [Текст]: монография / В. А. Тишков, Е. Ю. Агеева, Н. С. Елагин; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2021. – 143 с.

ISBN 978-5-528-00459-4

Анализируются методологические основы реновации, виды реновации, общая направленность реновации в России и за рубежом. Рассмотрены архитектурные и конструктивные особенности различных видов реновации. Представлены примеры зданий и комплексов, подвергшихся реновации. Дан вариант проектного решения реновации исторического здания.

Для специалистов в области архитектуры и строительства. Рекомендуется преподавателям, аспирантам и студентам строительных, архитектурных специальностей.



ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНОЙ СТАТЬИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ «ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

1. Список материалов, необходимых для публикации научной статьи

1.1. Автор (авторы) в соответствии с приведенными ниже требованиями должен оформить материалы научной статьи: рукопись статьи и сопроводительные документы к ней. Журнал является двуязычным и материалы научной статьи могут подаваться в редакцию на русском или на английском языках (здесь имеется ввиду язык основного текста статьи, т. к. часть материалов статьи должна оформляться на обоих языках).

1.2. Рукопись статьи представляется в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4 (оформление – см. п. 2) и в электронном виде (оформление – см. п. 3). **Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.**

1.3. Сопроводительные документы к рукописи статьи должны включать в себя:

1.3.1. Сопроводительное письмо в двух экземплярах в печатном виде на листе формата А4 **по утвержденной форме**, которая приведена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> Данное письмо подписывается руководителем организации (юридического лица), откуда исходит рукопись статьи. Если автор статьи не является работником какой-либо организации, не является аспирантом, докторантом, соискателем ученой степени, то сопроводительное письмо подписывается им лично (в этом случае к сопроводительному письму должны прилагаться документы, подтверждающие статус безработного). Для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, сопроводительное письмо представлять не требуется.

1.3.2. Выписку из протокола заседания кафедры (отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа) с рекомендацией статьи к публикации в Приволжском научном журнале в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то вместо выписки представляется рекомендация к опубликованию, подписанная научным работником, имеющим ученую степень по соответствующей специальности (определяется по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России).

1.3.3. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Данный документ оформляется по форме, утвержденной в организации, откуда исходит рукопись статьи. Форма экспертного заключения, утвержденная в ННГАСУ, размещена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> (для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, данный документ оформляется в отделе интеллектуальной собственности и трансфера технологий (корпус II, каб. 213-а, тел.: (831) 430-19-34)).

Если в организации, откуда исходит рукопись статьи, нет утвержденной формы экспертного заключения, то в качестве образца может использоваться форма ННГАСУ (при этом автор должен внести соответствующие изменения в наименования должностей и Ф.И.О. ответственных лиц). Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати представлять не требуется.

1.3.4. Документ (копия бланка подписки), подтверждающий оформление подписки на Приволжский научный журнал на 2 (два) номера или более (ин-



декс 80382 в каталоге Агентства «Роспечать»). Подписка может быть оформлена физическим или юридическим лицом. Требование по оформлению подписки **не распространяется** на следующие категории лиц: 1) на аспирантов (статус аспиранта подтверждается справкой из организации, в которой проходит обучение в аспирантуре); 2) на штатных сотрудников ННГАСУ; 3) на членов редакционной коллегии Приволжского научного журнала. *Примечание:* если соавтором статьи является лицо, не относящееся ни к одной из вышеуказанных категорий, то требование по оформлению подписки на журнал сохраняется.

1.4. Если авторами статьи являются работники различных организаций (юридических лиц), то сопроводительные документы оформляются от одной из организаций (по усмотрению авторов), а от остальных необходимо представить выписки из протоколов заседаний кафедр (отделов, научно-технических советов или иных правомочных органов) с рекомендацией статьи к опубликованию с учетом сформированного авторского коллектива. Данные выписки должны быть подписаны руководителем организации, которая заверяется печатью организации.

2. Правила оформления рукописи научной статьи в печатном виде

2.1. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи **на русском языке**) должна включать в себя следующие составные элементы:

- индекс УДК (универсальная десятичная классификация);
- фамилии, инициалы авторов **на русском языке**;
- ученые степени и ученые звания авторов **на русском языке** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) **на русском языке** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи **на русском языке**;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на русском языке**;
- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на русском языке**: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;
- ключевые слова **на русском языке** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);
- аннотация статьи **на русском языке** (общий объем не более 0,3 стр.);
- основной текст статьи **на русском языке**;
- библиографический список **на русском языке** (не менее трех источников);
- фамилии, имена, отчества (полностью) авторов **на английском языке**;
- ученые степени и ученые звания авторов **на английском языке** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) **на английском языке** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи **на английском языке**;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на английском языке**;



- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) **на английском языке**: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;

- ключевые слова **на английском языке** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);
- аннотация статьи **на английском языке** (общий объем не более 0,3 стр.);
- библиографический список **на английском языке** (не менее трех источников);
- знак охраны авторского права, состоящий из следующих элементов: латинская буква «С» в окружности, фамилии, инициалы авторов на русском языке, год направления статьи в редакцию.

Расположение и оформление вышеперечисленных частей рукописи статьи должно соответствовать образцу оформления научной статьи, который размещен на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru>.

2.2. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи **на английском языке**) должна включать в себя те же составные элементы, которые указаны в п. 2.1. При этом русскоязычное написание заменяется на англоязычное, а англоязычное – на русскоязычное.

2.3. При оформлении рукописи статьи необходимо соблюдать следующие требования:

2.3.1. Текст рукописи статьи набирается на компьютере в текстовом редакторе «Microsoft Word» и распечатывается на принтере на листах бумаги формата А4 с одной стороны. Плотность бумаги 80 г/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 (полупетерный) 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». Ответственному секретарю Приволжского научного журнала Моницу 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.) переформируются 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 I полугодие 2022 г.
НА ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
«ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

Основан в 2006 году

Периодичность – ежеквартально

Журнал рассчитан на профессорско-преподавательский состав, аспирантов, а также студентов старших курсов вузов, работников научно-исследовательских и проектных институтов, инженерно-технический персонал организаций и предприятий.

Журнал имеет разделы:

- Строительные конструкции, здания и сооружения (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

