

ISSN 1995-2511

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

1

2021



Год
науки
и технологий

21

ISSN 1995-2511



ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

№ 1

Март 2021

Нижний Новгород

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 1 (57)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2021. 131 с., 14 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 05.23.00 – «Строительство и архитектура». Новая редакция Перечня утверждена Минобрнауки России 28.12.2018 г.

Главный редактор д-р техн. наук, проф. С. В. СОБОЛЬ
Ответственный секретарь канд. техн. наук, проф. Д. В. МОНИЧ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

чл.-корр. 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; чл.-корр. 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 20.03.2021 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. печ. л. 11.5 + вкл. 2.5. 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@nnngasu.ru (отв. секретарь), red@nnngasu.ru (редакция),

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

Индекс журнала в каталоге Агентства «Роспечать»: 80382. Цена свободная.

Отпечатано в типографии ООО «Новые решения»

Адрес: Россия, 603098, г. Нижний Новгород, ул. Артельная, д. 35а, оф. 1.

ISSN 1995-2511

© ННГАСУ, 2021

ISSN 1995-2511



THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

Scientific periodical

№ 1

March 2021

Nizhny Novgorod

Scientific periodical. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2021. 131 p., 14 p. of colour illustrations.

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 specialties 05.23.00 – «Construction and architecture». A new version of the list is approved by decision of the Ministry of Education and Science of Russia on 28.12.2018.

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

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

corresponding member 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; corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor A. L. GELFOND; Ph.D., professor R. GRAEFE; honoured worker of science of RF, corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor L. N. GUBANOV; doctor of technical sciences, professor A. I. EREMKIN; academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. T. EROFEEV; doctor of science, professor M. IVETICH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor N. I. KARPENKO; doctor of physical-mathematical sciences, professor M. M. KOGAN; doctor of technical sciences, professor D. V. KOZLOV; corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. N. KUPRIANOV; Prof. Dr.-Ing. F. NESTMANN; doctor of technical sciences, professor S. I. ROTKOV; doctor of technical sciences, professor S. V. STEPANOV; honoured worker of science of RF, doctor of physical-mathematical sciences, professor R. G. STRONGIN; doctor of physical-mathematical sciences, professor A. N. SUPRUN; doctor of technical sciences, professor V. P. SUCHKOV; 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 20.03.2021. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 11.5 + illust. 2.5. 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.ннгасу.рф

Index of the journal in the catalogue of the «Rospechat» agency: **80382**. Price is unfixed.

Printed in JSC «Novye reshenia» publishing house
Address: 35a, Artelnaya St., office 1, 603098, Nizhny Novgorod, Russia.

8 ФЕВРАЛЯ – ДЕНЬ РОССИЙСКОЙ НАУКИ



Дорогие друзья!
От всей души поздравляю вас с Днем российской науки!

Хочу сказать слова искренней признательности всем, кто готов каждый день идти неизведанными тропами, помогая миллионам людей лучше понять мир и Вселенную вокруг нас, расширяя исследовательские горизонты и открывая путь к новым знаниям. За каждым изобретением, каждой новой технологией стоит научная смелость и исследовательский азарт конкретного человека. Амбиции и интеллект!

Наука – дело независимых творческих людей. Людей мира, безгранично преданных любимому делу. Отдельно хочу поздравить корифеев научной отрасли. Благодаря вам удалось успешно преодолеть переломный период в развитии отечественного научно-технологического сектора – сегодня мы можем говорить о сохранившейся преемственности российской науки.

Заниматься наукой сегодня снова престижно: в лаборатории приходят все больше молодых ребят, решивших связать свою жизнь с исследованиями и разработками. Наша страна по праву является одной из ведущих мировых научных держав. Мы приверженцы открытого международного научно-технического сотрудничества. Отечественная научная школа успешно прошла беспрецедентные испытания последнего времени: в 2020 году, когда человечество столкнулось с пандемией коронавируса, именно российские ученые создали первую в мире вакцину от новой инфекции. Благодаря вакцине миллионы людей смогут вернуться к привычному ритму жизни.

Убежден, что Год науки и технологий поможет нам объединить усилия ученых, общества и государства для масштабного технологического прорыва и привлечь в науку еще больше молодых талантливых специалистов.

Желаю всем, кто предан науке или просто интересуется ею, жизненной энергии, здоровья и вдохновения на новые значимые свершения!

*Министр науки и высшего образования Российской Федерации
В. Н. Фальков*



СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Анущенко А. М., Ерофеев В. И., Хазов П. А., Сатанов А. А., Февральских А. В. Исследование обтекания воздушными потоками большепролетной поверхности численным и экспериментальными методами.....	9
Лампси Б. Б., Хисамова Л. Д., Хазов П. А. Расчетная оценка усталостной долговечности стальной подкрановой балки	18
Кузнецов И. Л., Гайнетдинов Р. Г. Новое узловое соединение холодногнутых профилей с трапециевидной стенкой	24
Трянина Н. Ю., Самохвалов И. А., Облетов Е. Н. Исследование живучести сетчатой гиперболоидной башни В. Г. Шухова.....	33
Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Исследования деформируемости искусственного основания монолитной железобетонной фундаментной плиты торгового павильона... ..	40
Гундерчук А. Э., Лампси Б. Б. Применение метода «стена в грунте» с разработкой траншеи гидромеханизированным способом при сооружении торгово-рекреационного комплекса на площади Горького в г. Нижем Новгороде (технология производства работ и расчет).....	45
Шеховцов Г. А. О выборе оптимального варианта обратной линейно-угловой засечки при строительстве зданий повышенной этажности.....	55

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Рымаров А. Г., Титков Д. Г. Энергосбережение в жилых зданиях при индивидуализации микроклимата.....	64
--	----

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Февралев А. В. Обоснование сооружений гидроузла на реке Ергалахе в Норильском промышленном районе.....	72
---	----

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

Худин А. А. Периодизация стиля «постмодернизм» в зарубежной архитектуре....	77
Чмир Ю. Э., Карелин Д. В. Пути интеграции автоматизированного процесса и адаптация искусственного интеллекта при разработке проектных решений.....	84

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Яковлев А. А., Осипов И. О. Градостроительные особенности формирования архитектурных решений промышленных зданий на сложном рельефе.....	92
Яковлев А. А., Захарчук А. В. Способы реализации идеи природного аналога в архитектурных концепциях.....	95
Агеева Е. Ю. Современные тенденции проектирования школьных зданий: зарубежный опыт	101
Прохожев Н. О. Анализ истории развития каркасных систем жилых зданий из легких металлоконструкций	



ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

Юбилей главного редактора Приволжского научного журнала, профессора С. В. Соболя.....	116
Юбилей профессора А. И. Колесова.....	118
Новые издания.....	120
Памяти профессора В. И. Бодрова.....	123
Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал».....	125
НА ОБЛОЖКЕ: Река Волга, г. Нижний Новгород. Вид на историческую застройку по ул. Рождественской и Речной вокзал	



CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

Anuschenko A. M., Erofeev V. I., Khazov P. A., Satanov A. A., Fevralskykh A. V. Study of air flows streamlining of a large-span surface by numerical and experimental methods.....	9
Lampsi B. B., Khisamova L. D., Khazov P. A. Estimated fatigue life of a steel crane girder	18
Kuznetsov I. L., Gaynetdinov R. G. New nodal connection of cold-formed trapezoidal wall profiles	24
Tryanina N. Yu., Samokhvalov I. A., Oblyotov E. N. Research on survivability of V. G. Shukhov's mesh hyperboloid tower	33
Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Research of the deformability of the artificial base of a monolithic reinforced concrete foundation plate of a trade pavilion.....	40
Gunderchuk A. E., Lampsi B. B. Application of the "wall-in-soil" method with hydro-mechanized trenching in the construction of the shopping and recreation complex on Gorky square in Nizhny Novgorod (production technology and calculation).....	45
Shekhovtsov G. A. On the choice of the optimal option of the inverse linear-angular serif in construction of high-storey buildings	55

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

Rymarov A. G. Titkov D. G. Energy saving in residential buildings at individualization of microclimate.....	64
--	----

HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTION

Fevralyov A. V. The justification of structures of the hydro system on the Ergalakh river in the Norilsk industrial district.....	72
--	----

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

Khudin A. A. Periodization of the "postmodernism" style in foreign architecture.....	77
Chmir Yu. E., Karelin D. V. Ways of integration of the automated process and adaptation of artificial intelligence at development of design decisions.....	84

ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

Yakovlev A. A., Osipov I. O. Urban planning features of forming architectural solutions of industrial buildings on a complex terrain.....	92
Yakovlev A. A., Zakharchuk A. V. Methods of implementation of the idea of natural analogue in architectural concepts.....	95
Ageeva E. Yu. Modern trends in designing school building: foreign experience.....	101
Prokhozhev N. O. Analysis of the history of the development of light metal frame systems of residential buildings.....	108

INFORMATION SECTION

Jubilee of Editor-in-chief of "Privolzhsky Scientific Journal" professor S. V. Sobol.....	116
Jubilee of professor A. I. Kolesov.....	118
New publications.....	120



In memory of professor V. I. Bodrov..... 123

List of requirements for publication in the scientific periodical “Privolzhsky Scientific Journal” 125

COVER PAGE: The Volga river, Nizhny Novgorod. A view of historical buildings on Rozhdestvenskaya street and the River station

УДК 624.042.41

А. М. АНУЩЕНКО¹, аспирант; **В. И. ЕРОФЕЕВ²**, д-р физ.-мат. наук, проф., директор, **П. А. ХАЗОВ³**, канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики; **А. А. САТАНОВ²**, аспирант; **А. В. ФЕВРАЛЬСКИХ⁴**, канд. техн. наук, вед. инж. по гидрогазодинамике

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ВОЗДУШНЫМИ ПОТОКАМИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЧИСЛЕННЫМ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДАМИ

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. Тел.: +7 (930)-707-74-24;
эл. почта: aleksander.anusch@yandex.ru

²ФГБУН «Институт проблем машиностроения Российской академии наук»
Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85. Тел.: (831) 432-05-76, +7 (910)-133-38-66;
эл. почта: andrewsatanov@gmail.com

³ФГБОУ 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

⁴ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»
Россия, 111672, г. Москва, ул. Суздальская, д. 46. Тел.: +7 (901)-729-36-39;
эл. почта: a.fevralskih@gmail.com

Ключевые слова: ветровая нагрузка, большепролетное покрытие, аэродинамические испытания, аэродинамическая труба.

Приводятся результаты исследования обтекания воздушными потоками большепролетной поверхности здания ангара с использованием методов численного моделирования и эксперимента в аэродинамической трубе. Результаты эксперимента и численного моделирования показывают, что на большепролетное покрытие действует в основном отрицательное давление. Изополя распределения давления по поверхности, а также значения нагрузок, полученные по результатам численного моделирования и эксперимента в аэродинамической трубе, практически совпадают.

Строительство новых зданий и сооружений во многих городах нашей страны связано с возрастающей сложностью проектируемых объектов и условий, в которых осуществляется их возведение. К уникальным зданиям и сооружениям предъявляются особые требования безопасности, поэтому их проектирование является важной и ответственной задачей.

Для покрытия стадионов, дворцов спорта, складов, ангаров часто применяются большепролетные конструкции криволинейных форм, такие как фермы, арки, пространственные покрытия. Для расчетов данных конструкций применяются индивидуальные подходы, так как стандартные методики не могут правильно учитывать архитектурные особенности уникальных объектов [1]. Необходимо корректно учитывать все внешние нагрузки для обеспечения надежности и прочности большепролетных зданий и сооружений.

Вопросы, связанные с аэродинамикой конструкций, всегда считались достаточно важными и первостепенными при проектировании. Многие работы отечественных и зарубежных авторов [2–10] посвящены исследованию распределения аэродинамических нагрузок на различные объекты и сооружения с использованием методов численного моделирования и экспериментов в аэродинамической

трубе [11–14]. Однако единой методики определения значений аэродинамических коэффициентов и, как следствие, величин давления, действующего на конструкции различных по форме и назначению объектов, не существует. В частности, как показывают результаты экспериментов, показатели аэродинамических характеристик для большепролетных зданий, как правило, отличаются для каждого объекта [15–19].

В качестве объекта исследования в настоящей работе рассматривается проектируемое здание ангара для технического обслуживания двух самолетов Airbus A-380 в г. Москве, перекрываемое пространственными арками пролетом 227,65 м (рис. 1). В соответствии с требованиями свода правил [1] в случае, когда принципиальная геометрическая схема здания не совпадает ни с одной из представленных в приложении В [1], аэродинамические коэффициенты устанавливаются на основе результатов математического или физического моделирования. Математическое моделирование ветровой аэродинамики основано на применении численных схем решения трехмерных уравнений движения жидкости и газа с адекватными моделями турбулентности, реализованными в современных программно-вычислительных комплексах гидрогазодинамики. Физическое моделирование подразумевает испытания модели здания в аэродинамической трубе.

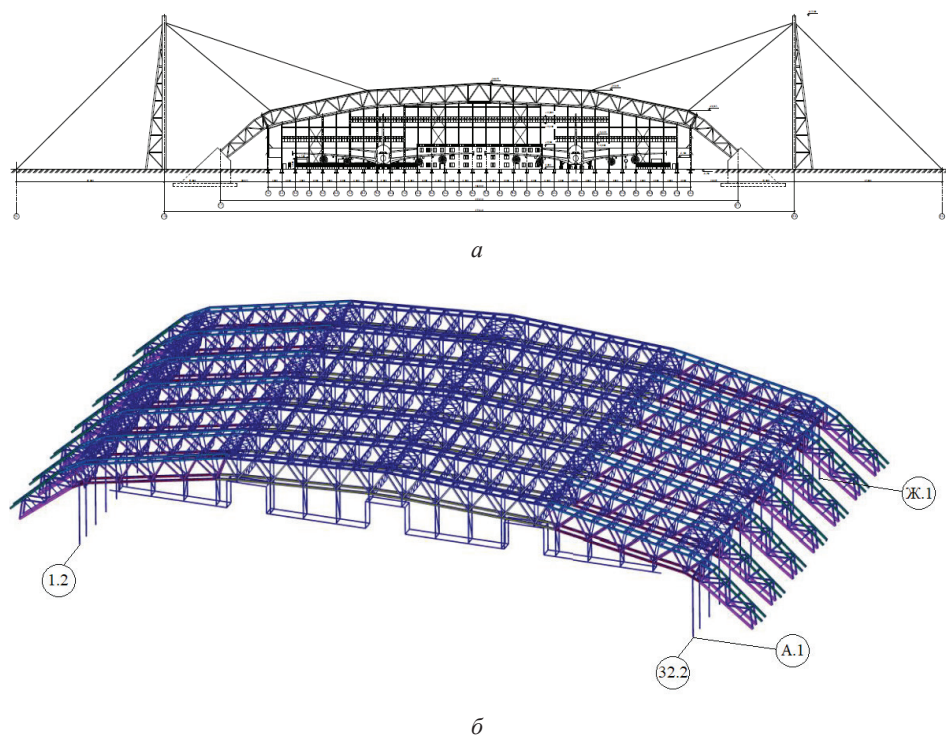


Рис. 1. Проектируемое здание: а – главный разрез; б – фрагмент расчетной схемы

Для проведения испытаний в аэродинамической трубе из полимерных материалов на 3D-принтере был изготовлен макет большепролетного здания ангара в масштабе 1:500. Для измерения давления в характерных точках поверхности покрытия была выполнена система дренажей из 126 воздухоотводящих трубок с возможностью подключения к микроманометру.

Экспериментальное исследование модели осуществлялось в лаборатории кафедры «Отопление и вентиляция» ННГАСУ (рис. 1 цв. вклейки). Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рис. 2.

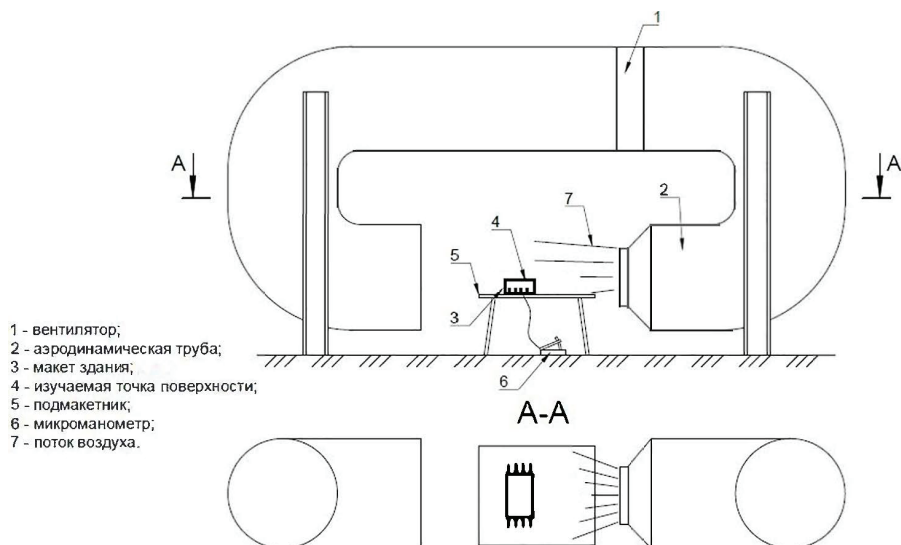


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

В рабочей зоне аэродинамической установки создавался равномерный поток воздуха со средней скоростью 12,3 м/с. Измерение скорости ветрового потока производилось чашечным анемометром МС-13 У1.1 ГОСТ 6376-74, статического давления на поверхности модели здания в характерных точках – микроанометром ММН-240(5)-1,0ТУ 25-01-816-79. Исследования осуществлялись для двух взаимно перпендикулярных направлений ветровых потоков (рис. 3). Во время эксперимента каждая трубка системы дренажей соединялась с микроанометром с помощью гибкой резиновой трубки.

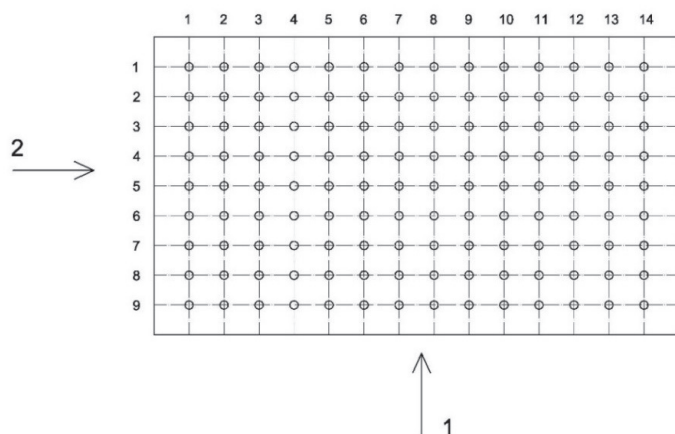


Рис. 3. Направления ветровых потоков, принятые при моделировании

**К СТАТЬЕ А. М. АНУЩЕНКО, В. И. ЕРОФЕЕВА, П. А. ХАЗОВА,
А. А. САТАНОВА, А. В. ФЕВРАЛЬСКИХ
«ИССЛЕДОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ВОЗДУШНЫМИ ПОТОКАМИ
БОЛЬШЕПРОЛЕТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЧИСЛЕННЫМ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДАМИ»**

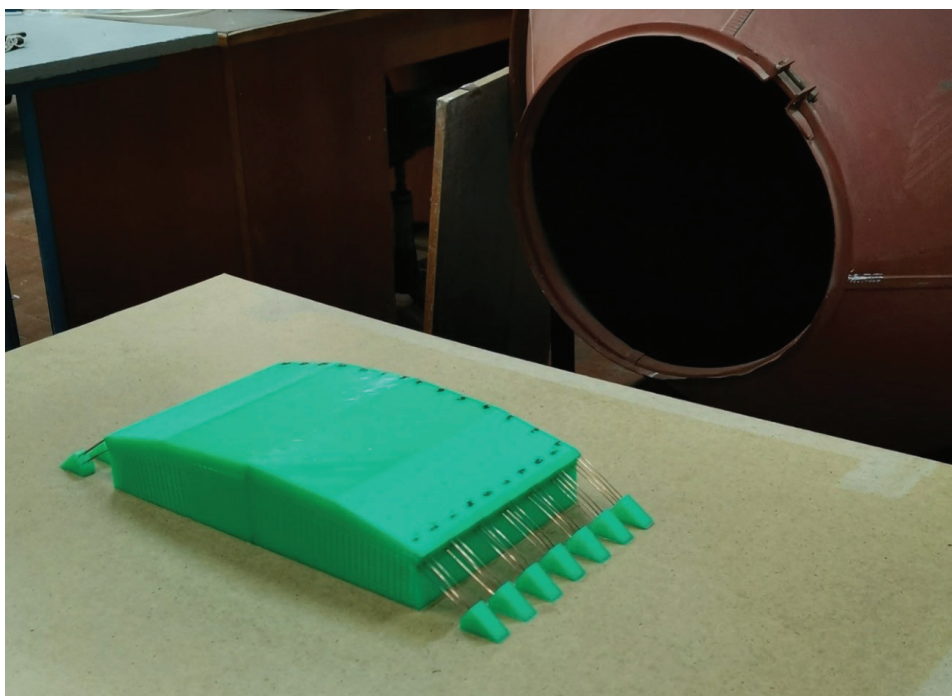
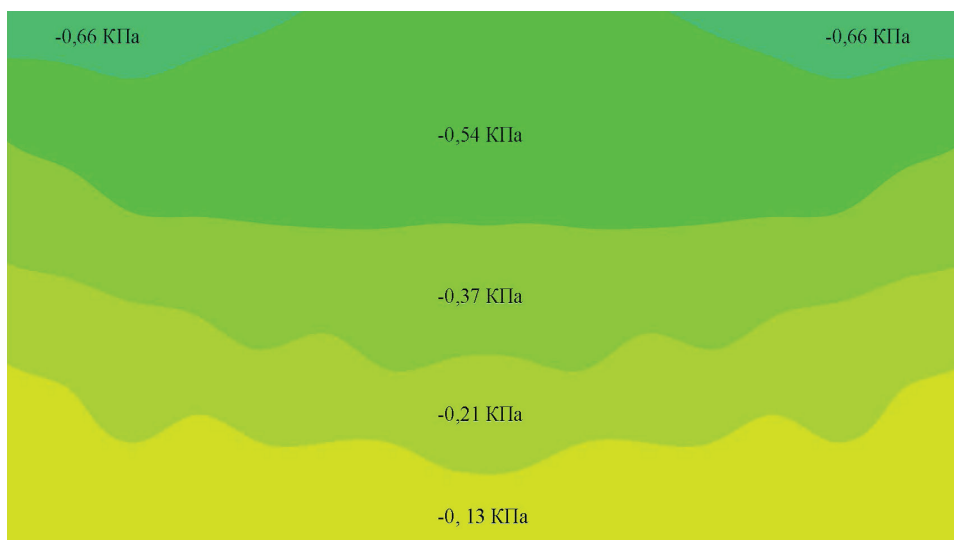
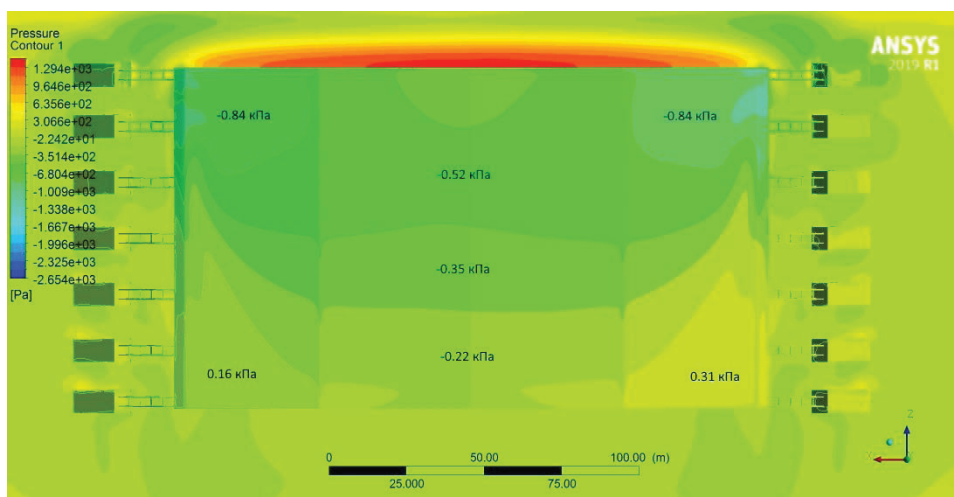


Рис. 1. Макет здания, помещенный на эродинамическую трубу

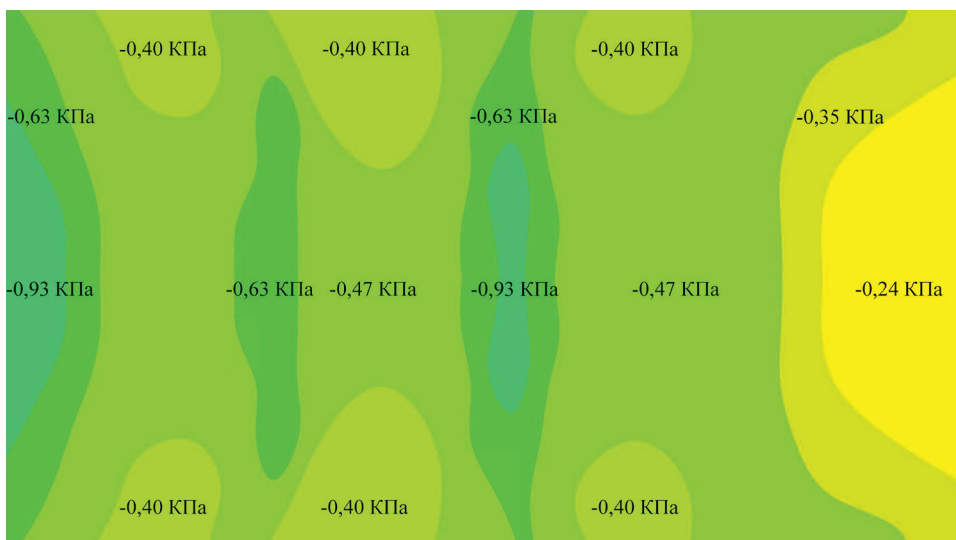


a

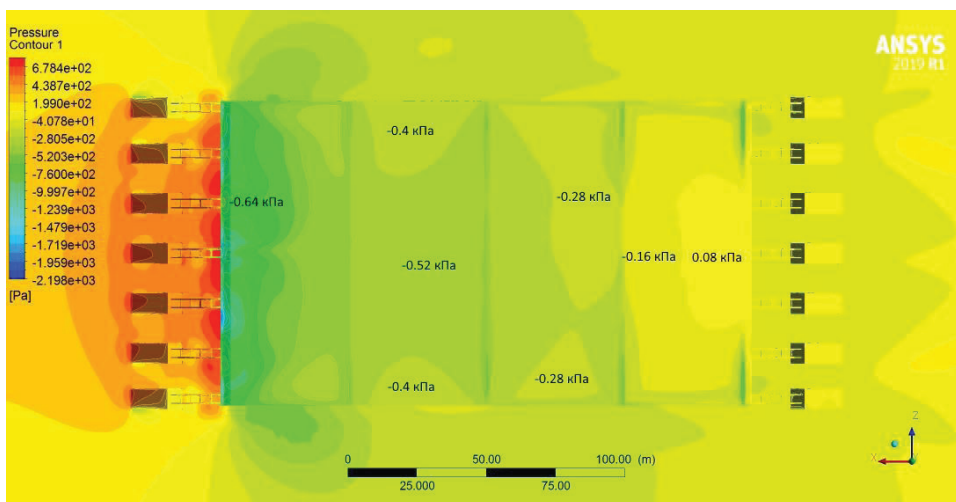


б

Рис. 2. Изополя распределения ветровой нагрузки по большепролетному покрытию ангара (направление 1, рис. 3): *a* – результаты физического моделирования, Па; *б* – результаты численного моделирования, Па

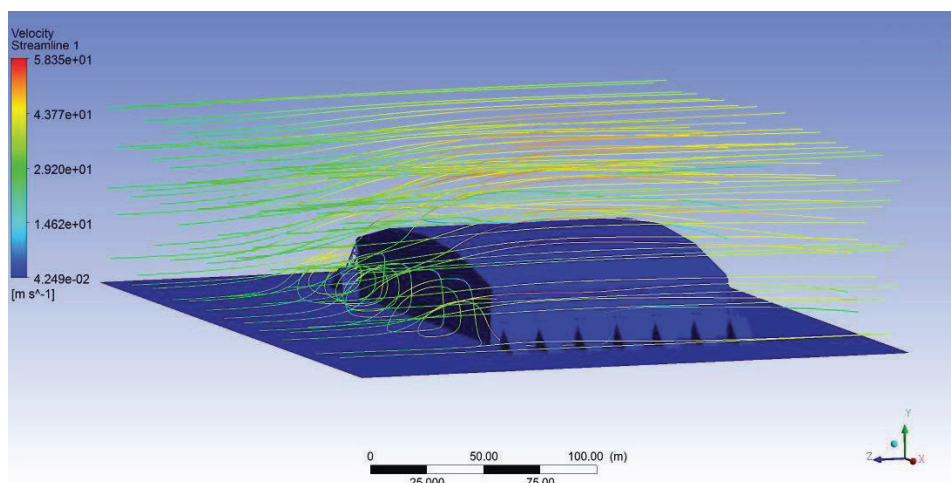


a

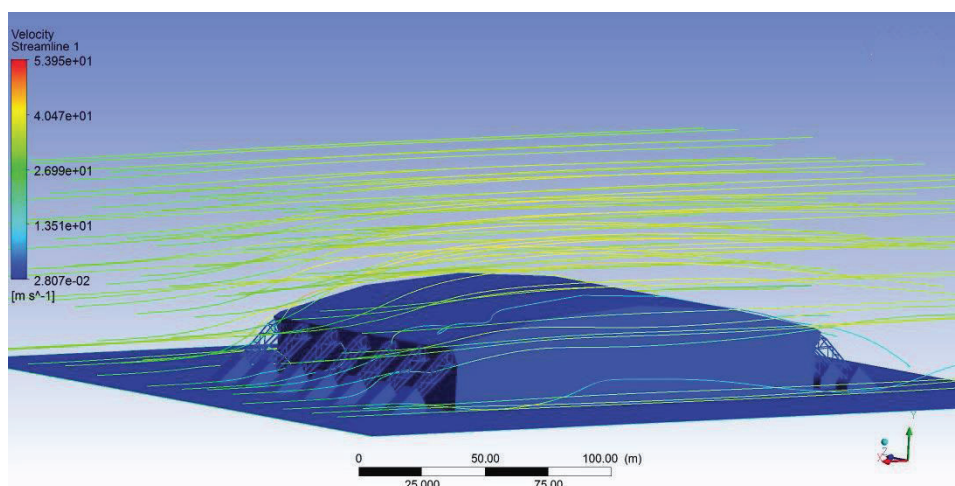


б

Рис. 3. Изополя распределения ветровой нагрузки по большепролетному покрытию ангара (направление 2, рис. 3): *a* – результаты физического моделирования, Па; *б* – результаты численного моделирования, Па



a



б

Рис. 4. Визуализация обтекания здания воздушными потоками: *a* – направление 1 (рис. 3); *б* – направление 2 (рис. 3)



По показаниям микроанометров были вычислены аэродинамические коэффициенты c_e :

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

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

Полученные значения аэродинамических коэффициентов представлены в табличной форме (табл. 1, 2).

Таблица 1

Значение аэродинамических коэффициентов c_e по результатам экспериментального моделирования по направлению ветрового потока «1»

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-0.21	-0.21	-0.14	-0.18	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.18	-0.14	-0.21	-0.21
2	-0.25	-0.25	-0.21	-0.25	-0.25	-0.25	-0.28	-0.28	-0.25	-0.25	-0.25	-0.21	-0.25	-0.25
3	-0.25	-0.28	-0.28	-0.35	-0.39	-0.39	-0.35	-0.35	-0.39	-0.39	-0.35	-0.28	-0.28	-0.25
4	-0.32	-0.35	-0.39	-0.46	-0.42	-0.50	-0.53	-0.53	-0.50	-0.42	-0.46	-0.39	-0.35	-0.32
5	-0.42	-0.50	-0.53	-0.64	-0.60	-0.64	-0.67	-0.67	-0.64	-0.60	-0.64	-0.53	-0.50	-0.42
6	-0.60	-0.74	-0.74	-0.78	-0.81	-0.81	-0.78	-0.78	-0.81	-0.81	-0.78	-0.74	-0.74	-0.60
7	-0.78	-0.88	-0.88	-0.88	-0.92	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.92	-0.88	-0.88	-0.88	-0.78
8	-0.92	-0.99	-0.95	-0.95	-0.99	-0.95	-0.92	-0.92	-0.95	-0.99	-0.95	-0.95	-0.99	-0.92
9	-1.10	-1.17	-1.06	-1.03	-0.99	-0.99	-0.92	-0.92	-0.99	-0.99	-1.03	-1.06	-1.17	-1.10

Таблица 2

Значение аэродинамических коэффициентов c_e по результатам экспериментального моделирования по направлению ветрового потока «2»

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-1.19	-0.65	-0.65	-0.86	-0.54	-0.54	-0.76	-1.19	-0.65	-0.65	-0.76	-0.76	-0.65	-0.54
2	-1.30	-0.76	-0.65	-0.97	-0.65	-0.54	-0.86	-1.19	-0.76	-0.65	-0.86	-0.76	-0.54	-0.54
3	-1.51	-0.76	-0.76	-0.97	-0.76	-0.65	-0.86	-1.41	-0.76	-0.76	-0.86	-0.65	-0.54	-0.43
4	-1.62	-0.86	-0.76	-1.08	-0.76	-0.76	-0.97	-1.51	-0.86	-0.76	-0.86	-0.65	-0.43	-0.32
5	-1.62	-0.86	-0.86	-1.08	-0.76	-0.76	-0.97	-1.51	-0.86	-0.76	-0.86	-0.54	-0.43	-0.32
6	-1.62	-0.86	-0.76	-1.08	-0.76	-0.76	-0.97	-1.51	-0.86	-0.76	-0.86	-0.65	-0.43	-0.32
7	-1.51	-0.76	-0.76	-0.97	-0.76	-0.65	-0.86	-1.41	-0.76	-0.76	-0.86	-0.65	-0.54	-0.43
8	-1.30	-0.76	-0.65	-0.97	-0.65	-0.54	-0.86	-1.19	-0.76	-0.65	-0.86	-0.76	-0.54	-0.54
9	-1.19	-0.65	-0.65	-0.86	-0.54	-0.54	-0.76	-1.19	-0.65	-0.65	-0.76	-0.76	-0.65	-0.54

Расчетные значения основной ветровой нагрузки w определялись как сумма средней w_m и пульсационной w_p составляющих по формулам, приведенным в действующих нормативных документах [1]:

$$w = w_m + w_p, \quad (1)$$

$$w_m = w_0 \cdot c_e \cdot k(z_e), \quad (2)$$

$$w_p = w_m \cdot \zeta(z_e) \cdot v, \quad (3)$$

где $w_0 = 0,23$ КПа – нормативное значение ветрового давления для г. Москвы (I ветровой район);

$k(z_e) = 1,469$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте для типа местности А. Эквивалентная высота $z_e = 37,5$ м определена в соответствии с геометрическими параметрами здания;

$\zeta(z_e) = 0,629$ – коэффициент пульсации ветра;



ν – коэффициент пространственной корреляции пульсации давления ветра. Для первого направления ветрового потока $\nu_1 = 0,459$, для второго $\nu_2 = 0,476$.

Расчетные значения ветровой нагрузки, полученные в результате эксперимента, представлены в табличной форме (табл. 3, 4). На их основании были построены изополя распределения ветровой нагрузки по поверхности большепролетного покрытия (рис. 2а, 3а цв. вклейки).

На основании значений аэродинамических коэффициентов и ветровых нагрузок, полученных в результате эксперимента, можно сделать вывод, что действующее на покрытие ветровое давление, отрицательное. При неблагоприятном сочетании (максимальная ветровая и отсутствие снеговой нагрузок) напряжения, возникающие в несущих конструкциях покрытия и здания в целом, могут значительно изменяться, что необходимо учитывать при расчетах. Кроме того, в таких покрытиях могут возникать эффекты резонанса частот пульсационной ветровой нагрузки и собственных колебаний здания, что также должно учитываться при расчетах [20].

Таблица 3

Расчетные значения ветровой нагрузки w , КПа по результатам экспериментального моделирования по направлению ветрового потока «1»

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-0.13	-0.13	-0.09	-0.11	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.11	-0.09	-0.13	-0.13
2	-0.15	-0.15	-0.13	-0.15	-0.15	-0.15	-0.17	-0.17	-0.15	-0.15	-0.15	-0.13	-0.15	-0.15
3	-0.15	-0.17	-0.17	-0.22	-0.24	-0.24	-0.22	-0.22	-0.24	-0.24	-0.22	-0.17	-0.17	-0.15
4	-0.20	-0.22	-0.24	-0.28	-0.26	-0.30	-0.33	-0.33	-0.30	-0.26	-0.28	-0.24	-0.22	-0.20
5	-0.26	-0.30	-0.33	-0.39	-0.37	-0.39	-0.41	-0.41	-0.39	-0.37	-0.39	-0.33	-0.30	-0.26
6	-0.37	-0.46	-0.46	-0.48	-0.50	-0.50	-0.48	-0.48	-0.50	-0.50	-0.48	-0.46	-0.46	-0.37
7	-0.48	-0.54	-0.54	-0.54	-0.57	-0.54	-0.54	-0.54	-0.54	-0.57	-0.54	-0.54	-0.54	-0.48
8	-0.57	-0.61	-0.59	-0.59	-0.61	-0.59	-0.57	-0.57	-0.59	-0.61	-0.59	-0.59	-0.61	-0.57
9	-0.67	-0.72	-0.65	-0.63	-0.61	-0.61	-0.57	-0.57	-0.61	-0.61	-0.63	-0.65	-0.72	-0.67

Таблица 4

Расчетные значения ветровой нагрузки w , КПа по результатам экспериментального моделирования по направлению ветрового потока «2»

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-0.72	-0.40	-0.40	-0.53	-0.33	-0.33	-0.46	-0.72	-0.40	-0.40	-0.46	-0.46	-0.40	-0.33
2	-0.79	-0.46	-0.40	-0.59	-0.40	-0.33	-0.53	-0.72	-0.46	-0.40	-0.53	-0.46	-0.33	-0.33
3	-0.92	-0.46	-0.46	-0.59	-0.46	-0.40	-0.53	-0.86	-0.46	-0.46	-0.53	-0.40	-0.33	-0.26
4	-0.99	-0.53	-0.46	-0.66	-0.46	-0.46	-0.59	-0.92	-0.53	-0.46	-0.53	-0.40	-0.26	-0.20
5	-0.99	-0.53	-0.53	-0.66	-0.46	-0.46	-0.59	-0.92	-0.53	-0.46	-0.53	-0.33	-0.26	-0.20
6	-0.99	-0.53	-0.46	-0.66	-0.46	-0.46	-0.59	-0.92	-0.53	-0.46	-0.53	-0.40	-0.26	-0.20
7	-0.92	-0.46	-0.46	-0.59	-0.46	-0.40	-0.53	-0.86	-0.46	-0.46	-0.53	-0.40	-0.33	-0.26
8	-0.79	-0.46	-0.40	-0.59	-0.40	-0.33	-0.53	-0.72	-0.46	-0.40	-0.53	-0.46	-0.33	-0.33
9	-0.72	-0.40	-0.40	-0.53	-0.33	-0.33	-0.46	-0.72	-0.40	-0.40	-0.46	-0.46	-0.40	-0.33

В статье [21] проведено исследование распределения давлений по поверхности покрытия с использованием уравнений Навье-Стокса, описывающих обтекание твердого тела потоком сжимаемой жидкости. Для этого была создана пространственная твердотельная конечно-элементная модель в модуле вычислитель-



ной гидрогазомеханики *ANSYSCFX*.

Результаты численного моделирования распределения давлений по поверхности здания при различных направлениях ветрового потока (направления 1, 2 показаны на рис. 3) представлены на рис. 2б, 3б цв. вклейки, а визуализации обтекания поверхности воздушными потоками – на рис. 4 цв. вклейки.

Изополя распределения ветровой нагрузки по большепролетному покрытию ангара по результатам физического и численного моделирования совпадают с удовлетворительной точностью. Численная картина распределения давлений совпадает с погрешностью, не превышающей 10 %, за исключением максимальных и минимальных значений. Небольшие расхождения объясняются погрешностями при проведении эксперимента, а также спецификой расчетов по методам конечных элементов.

Таким образом, может быть сделан вывод, что при проектировании уникальных зданий и сооружений сложной геометрической формы необходимо выполнять как численное, так и физическое моделирование, и производить расчет на оба варианта распределения ветрового давления по поверхности.

Работа выполнялась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-08-00715).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр : дата введения 04 июня 2017 г. – Москва : Минстрой России, 2016. – 80 с. – Текст : непосредственный.
2. Еремеев, П. Г. Современные стальные конструкции большепролетных покрытий уникальных зданий и сооружений: монография / П. Г. Еремеев. – Москва: АСВ, 2009. – 336 с. – ISBN 978-5-93093-651-3. – Текст : непосредственный.
3. Симиу, Э. Воздействия ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан. – Москва: Стройиздат, 1984. – 360 с. – Текст : непосредственный.
4. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : монография / Э. И. Реттер. – Москва: Стройиздат, 1984. – 294 с. – Текст : непосредственный.
5. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – Москва: Изд-во лит. по стр-ву, 1972. – 111 с. – Текст : непосредственный.
6. Березин, М. А. Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций / М. А. Березин, В. В. Катюшин. – Новосибирск: Олден-полиграфия, 2003. – 138 с.– Текст : непосредственный.
7. ГОСТ Р 56728-2015. Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 ноября 2015 г. № 1892-ст : дата введения 2016-05-01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 12 с.– Текст : непосредственный.
8. ТКП EN 1991-1-4-2009. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия : утвержден и введен в действие приказом министерства архитектуры и строительства республики Беларусь от 10 декабря 2009 г. № 404. – Минск, 2010. – 120 с.– Текст : непосредственный.
9. Экспериментальное исследование распределения ветровой нагрузки на поверхность большепролетного здания / П. А. Хазов, А. В. Февральских, Б. Б. Лампси, Ю. Д. Щелокова, А. М. Анущенко.– Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 2. – С. 9–16.



10. Поддаева, О. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : учебное пособие / О. И. Поддаева, А. С. Кубенин, П. С. Чурин / НИУ МГСУ. – Москва: НИУ МГСУ, 2015. – 88 с. – Текст : непосредственный.
11. Балакин, В. В. Трансформация воздушного потока при обтекании жилых зданий на городских улицах / В. В. Балакин, В. Ф. Сидоренко. – Текст : непосредственный // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета / Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2016. – № 44-2. – С. 4–18.
12. Моделирование ветровых нагрузок при обтекании воздушным потоком системы моделей зданий при вариации их расположения / А. И. Гныря, С. В. Коробков, А. А. Кошин, В. И. Терехов. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета / Томский государственный архитектурно-строительный университет. – Томск, 2018. – № 4. – С. 65–73.
13. Мушанов, В. Ф. Исследование аэродинамических коэффициентов провисающих мембранных покрытий инженерных сооружений / В. Ф. Мушанов, А. В. Зубенко, А. А. Дроздов. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – Макеевка, 2017. – № 2, Том 23. – С. 81–96.
14. Гагарин, В. Г. Аэродинамические характеристики зданий для расчета ветрового воздействия на ограждающие конструкции / В. Г. Гагарин, С. В. Гувернюк, П. В. Леденев. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – Москва, 2010. – № 1. – С. 7–10.
15. Сравнение аэродинамических характеристик, полученных по результатам компьютерного моделирования и натурных испытаний АСВП с АР/ П. С. Касьянов, М. В. Кудин, А. В. Туманин, А. В. Февральских. – Текст : непосредственный // Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве / Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2016. – С. 238–244.
16. Февральских А. В. Численное исследование влияния удлинения крыла на характеристики движения под действием экранного эффекта амфибийного судна на воздушной подушке с аэродинамической разгрузкой / А. В. Февральских. – Текст : непосредственный // Известия Калининградского государственного технического университета, 2019. – № 53. – С. 182–192.
17. Февральских, А. В. Численное исследование аэродинамики бортового ограждения воздушной подушки в составе компоновки экраноплана / А. В. Февральских. – Текст : непосредственный // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта, 2019. – № 60 (60). – С. 113–121.
18. Февральских, А. В. Численное исследование аэродинамической интерференции стартовой системы поддува и крыла экраноплана / А. В. Февральских // Труды Крыловского государственного научного центра, 2019. – № 3(390). – С. 117–124.
19. Численное и экспериментальное исследование распределения ветровой нагрузки на криволинейное большепролетное покрытие/ П. А. Хазов, А. М. Анущенко Е. А. Онищук, Ю. Д. Щелокова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – № 1. – С. 16–21.
20. Влияние штормовой нагрузки на поврежденность материала несущих конструкций каркасного здания / В. И. Ерофеев, Е. А. Никитина, П. А. Хазов, А. А. Сатанов, А. А. Генералова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 1. – С. 9–15.
21. Хазов, П. А. Численный анализ применимости нормативных методик при назначении ветровой нагрузки на большепролетные поверхности / П. А. Хазов, А. М. Анущенко. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – № 3. – С. 19–27.



ANUSCHENKO Aleksandr Mikhaylovich¹, post-graduate student; EROFEEV Vladimir Ivanovich², doctor of physical and mathematical sciences, professor, director; KHAZOV Pavel Alekseevich³, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; SATANOV Andrey Andreevich², post-graduate student; FEVRALSKYKH Andrey Vladimirovich⁴, candidate of technical sciences, leading engineer for hydro-gas dynamics

STUDY OF AIR FLOWS STREAMLINING OF A LARGE-SPAN SURFACE BY NUMERICAL AND EXPERIMENTAL METHODS

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29, Politekhnikeskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia. Tel.: +7 (930)-707-74-24;

e-mail: aleksander.anusch@yandex.ru

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

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

+7 (910)-133-3-866; e-mail: andrewsatanov@gmail.com

³Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-96, +7 (951) 919-0-919; e-mail: khazov.nngasu@mail.ru

⁴CADFEM CIS

43, Suzdal'skaya St., Moscow, 111672, Russia. Tel.: + 7(901)-729-36-39;

e-mail: a.fevralskih@gmail.com

Key words: wind load, long-span coverage, aerodynamic testing, wind tunnel.

REFERENCES

1. SP 20.13330.2016 Nagruzki i vozdeystviya [Loads and effects]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.1.07-85* : utverzhdyon prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (MinstroyRossii) ot 3 dekabrya 2016 g. № 891/pr : data vvedeniya 04 iyunya 2017 g. – Moscow: Minstroy Rossii. 2016, 80 p.

2. Eremeev P. G. Sovremennye stalnye konstruksii bolsheprolyotnykh pokriyiy unikalnykh zdaniy i sooruzheniy [Modern steel constructions of large-span coatings of unique buildings and structures] : monografiya. Moscow, ASV. 2009, 336 p. – ISBN 978-5-93093-651-3.

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

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

5. Savitsky G. A. Vetrovaya nagruzka na sooruzheniya [Wind load on structures]. Moscow: Izd-volit. postr-vu. 1972, 111 p.

6. Berezin M. A., Katyushin V. V. Atlas aerodinamicheskikh kharakteristik stroitelnykh konstuktсий [Atlas of aerodynamic characteristics of building structures]. Novosibirsk: Olden-poligrafiya. 2003, 138 p.

7. GOST R 56728-2015 Zdaniya i sooruzheniya. Metodika opredeleniya vetrovykh nagruzok na ograzhdayushchie konstruksii [Buildings and structures. Method of determining wind loads on enclosing structures] : utverzhd. i vved. v deystvie Prikazom Federal. agent-vapotekhnich. Regulirovaniy u imetrologii ot 19 noyabrya 2015 g. № 1892-st : data vved. 2016-05-01. Moscow, Standartinform, 2016, 12 p.

8. TKP EN 1991-1-4-2009 Eurocode 1. Vozdeystviya na konstuktсии. Chast 1-4. Obschie vozdeystviya. Vetrovye vozdeystviya [Effects on constructions. Parts 1-4. General effects. Wind effects] : utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Ministerstva arkhitektury i stroitelstva Respubliki Belarus ot 10 dekabrya 2009 g. № 404. – Minsk, 2010, 120 p.

9. Khazov P. A., Fevralskykh A. V., Lampsi B. B., Schyolokova Yu. D., Anuschenko A. M. Eksperimentalnoe issledovanie raspredeleniya vetrovoy nagruzki na poverkhnost



bolsheprolyotnogo zdaniya [Experimental study of wind load distribution on the surface of large-span buildings]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2019. № 2. P. 9–16.

10. Poddaeva O. I., Kubenin A. S., Churin P. S. *Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika* [Architectural-construction aerodynamics]: uchebnoe posobie / NIU MGSU. – Moscow: NIU MGSU, 2015, 88 p.

11. Balakin V. V., Sidorenko V. F. Transformatsiya vozdušnogo potoka pri obtekanii zhilykh zdaniy na gorodskikh ulitsakh [Transformation of the air flow when flowing around residential buildings on city streets]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering]. Volgogr. gos. tekhn. un-t. Volgograd. 2016. – № 44-2. P. 4–18.

12. Gnyrya A. I., Korobkov S. V., Koshin A. A., Terekhov V. I. Modelirovanie vetrovykh nagruzok pri obtekanii vozdushnym potokom sistemy modeley zdaniy pri variatsiiikh raspolozheniya [Simulation of wind loads with air flow around a system of building models with a variation in their location]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering]. Tomsk. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Tomsk. 2018. – № 4. P. 65–73.

13. Muschanov V. F., Zubenko A. V., Drozdov A. A. Issledovanie aerodinamicheskikh koeffitsientov provisayuskhikh membrannykh pokrytiy inzhenernykh sooruzheniy [Study of the aerodynamic coefficients of sagging membrane coatings of engineering structures]. *Metallicheskie konstruksii* [Steel constructions]. Makeevka, 2017, № 2, Vol. 23. P. 81–96.

14. Gagarin V. G., Guvernuyk S. V., Ledenev P. V. Aerodinamicheskie kharakteristiki zdaniy dlya raschyota vetrovogo vozdeystviya na ograzhdayushchie konstruksii [Aerodynamic characteristics of buildings for calculating wind effects on enclosing structures]. *Zhilishchnoe stroitelstvo* [Housing construction]. Moscow, 2010. № 1. P. 7–10.

15. Kasyanov P. S., Kudin M. V., Tumanin A. V., Fevralskikh A. V. Sravnenie aerodinamicheskikh kharakteristik, poluchennykh po rezul'tatam kompyuternogo modelirovaniya i naturnykh ispytaniy ASVP s AR [Comparison of aerodynamic characteristics obtained from the results of computer modeling and full-scale tests of ARP with AR]. *Sovremennye tekhnologii v korablestroitel'nom i aviatsionnom obrazovanii, nauke i proizvodstve* [Modern technologies in shipbuilding and aviation education, science and production]. Nizhegor. gos. tekhn. un-t. im. R. E. Alekseeva. Nizhny Novgorod. 2016. P. 238–244.

16. Fevralskikh A. V. Chislennoe issledovanie vliyaniya udlineniy akryla na kharakteristiki dvizheniya pod deystviem ekrannogo effekta amfibiynogo sudna na vozdushnoy podushke s aerodinamicheskoy razgruzkoy [Numerical study of the influence of wing lengthening on the characteristics of movement under the action of the wing-in-ground effect of an amphibious hovercraft with aerodynamic unloading]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kaliningrad State Technical University]. 2019. № 53. P. 182–192.

17. Fevralskikh A. V. Chislennoe issledovanie aerodinamiki bortovogo ograzhdeniya vozdushnoy podushki v sostave komponovki ekranoplana [Numerical study of the aerodynamics of an air cushion side enclosure as part of the wing-in-ground craft layout]. *Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta* [Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport]. 2019. № 60. P. 113–121.

18. Fevralskikh A. V. Chislennoe issledovanie aerodinamicheskoy interferentsii startovoy sistemy podduva i kryla ekranoplana [Numerical study of aerodynamic interference of the launch air-inflation system and the wing of a wing-in-groundcraft]. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra* [Transactions of the Krylov State Scientific Center]. 2019. № 3(390). P. 117–124.

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



20. Erofeev V. I., Nikitina E. A., Khazov P. A., Satanov A. A., Generalova A. A. Vliyanie shtormovoy nagruzky na povrezhdyonnost materiala nesuschikh konstruktсий karkasnogo zdaniya [Analysis of accumulation of damage in a column of frame building from storm loads]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. 2019. № 1. P. 9–15.

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

© А. М. Анущенко, В. И. Ерофеев, П. А. Хазов, А. А. Сатанов, А. В. Февральских, 2021

Получено: 22.12.2020 г.

УДК 624.014

Б. Б. ЛАМПСИ, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой теории сооружений и технической механики; **Л. Д. ХИСАМОВА**, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики; **П. А. ХАЗОВ**, канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТАЛЬНОЙ ПОДКРАНОВОЙ БАЛКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-96; эл. почта: lampsi@yandex.ru, Hisamova.luba@mail.ru, khazov.nngasu@mail.ru

Ключевые слова: подкрановая балка, многоцикловая усталость, механика разрушений, напряженно-деформированное состояние.

Приводится сравнение результатов численного и нормативного расчета подкрановой балки весьма тяжелого режима работы при циклическом нагружении. Показано, что принципиальная картина распределения напряжений от заданной нагрузки при численном и модельном экспериментах совпадают, при этом период ее долговечности разнится.

В настоящее время на атомных электростанциях, металлургических заводах и многих других промышленных предприятиях используются мостовые краны весьма тяжелого режима работы. Одной из особенностей при проектировании подкрановых путей является то, что нормативными расчетами на выносливость по [1] не удается полностью исключить возможность усталостных разрушений. Данные проверки не исключают возможность возникновения усталостных трещин уже на ранней стадии эксплуатации, а по действующим нормам РФ эксплуатация с подобными повреждениями недопустима, что ведет за собой вывод подкрановых путей из эксплуатации несмотря на сохранение несущей способности конструкции.

Разработка методики оценки нагруженности и усталостной долговечности конструкций, выполненной в специализированном программном обеспечении, позволит принимать оперативные решения о целесообразности дальнейшей экс-



плуатации, а также прогнозировать образование аварийных ситуаций.

Исследованию данной темы посвящено множество статей и выступлений на научных конференциях [2–5].

Объектом исследования является реальная стальная подкрановая балка, установленная в Мартеновском цехе предприятия ОАО «Выксунский металлургический завод». Изучаемая балка пролетом 16,5 м предназначена под кран № 31293 грузоподъемностью 180 т (рис. 1). Разрушения этой балки, выявленные при натурном освидетельствовании, представлены на рис. 2.

Подкрановые конструкции обеспечивают передвижение кранов, воспринимают и передают крановые нагрузки на каркас здания. Являясь элементом каркаса, подкрановые конструкции обеспечивают горизонтальную развязку колонн из плоскости рамы, передачу на вертикальные связи между колоннами продольных усилий от торможения кранов, ветровых нагрузок на торцы здания, сейсмических и других воздействий [6].

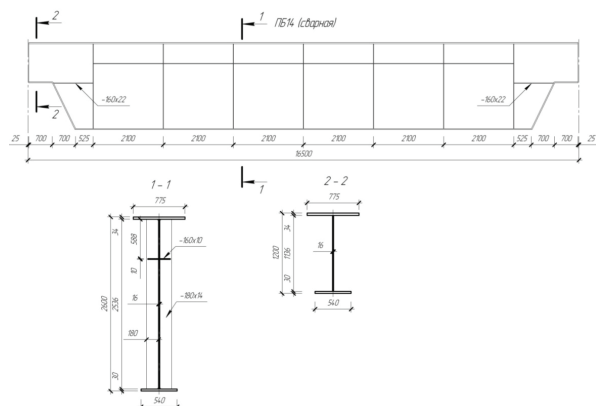


Рис. 1. Геометрическая схема подкрановой балки

Вследствие внецентренного приложения вертикальной нагрузки и поперечных горизонтальных сил, приложенных в уровне головки кранового рельса, на верхний пояс балки действует дополнительный крутящий момент, вызывающий изгиб стенки. Кроме этого, вертикальные и боковые воздействия кранов имеют динамический характер и сопровождаются рывками и ударами. Это происходит в результате разгона и торможения самого крана и крановой тележки, а также неровности кранового пути и перепадов по высоте в стыках рельсов.





Рис. 2. Продольные трещины в сварном шве, соединяющем верхний пояс и стенку сварной подкрановой балки, установленной в цеху выксунского металлургического завода

Подкрановые балки работают с переменным и знакопеременным циклом напряжений. Поэтому при расчете таких конструкций внимание следует уделять подвижной нагрузке, вызывающей большие местные напряжения под катками крана, воздействию вертикальных и горизонтальных боковых сил, динамичности и многократности.

Вследствие вышеперечисленных явлений в производственных зданиях, оборудованных кранами с тяжелым режимом работы, наблюдаются расстройств подкрановых путей, вызванные проявлением усталости материала. Усталостное разрушение возникает в результате действия не максимальной, а многократно повторяющейся нагрузки.

Как элементы, воспринимающие значительные изгибающие моменты, балки в производственных цехах повышенной сложности обычно представляют собой массивную двутавровую сварную конструкцию.

Расчет конструкций на усталость следует производить на действие нагрузок, устанавливаемых согласно [7] по формуле:

$$\frac{\sigma_{\max}}{\alpha R_v \gamma_v} \leq 1, \quad (1)$$

где σ_{\max} – наибольшее по абсолютному значению напряжение в рассчитываемом сечении элемента, вычисленное по сечению нетто без учета коэффициента динамичности и коэффициентов ϕ , ϕ_b , ϕ_e ;

R_v – расчетное сопротивление усталости, принимаемое в зависимости от временного сопротивления стали R_{un} и групп элементов, и соединений конструкций;

α – коэффициент, учитывающий число циклов нагружений n ;

– при $n \geq 3,9 \cdot 10^6$, $\alpha = 0,77$;

– при $n < 3,9 \cdot 10^6$, α вычисляется по формулам:

для групп элементов 1 и 2:

$$\alpha = 0,064 \left(\frac{n}{10^6} \right)^2 - 0,5 \left(\frac{n}{10^6} \right) + 1,75; \quad (2)$$

для групп элементов 3–8:

$$\alpha = 0,07 \left(\frac{n}{10^6} \right)^2 - 0,64 \left(\frac{n}{10^6} \right) + 2,2, \quad (3)$$

γ_v – коэффициент, определяемый в зависимости от напряженного состояния

К СТАТЬЕ Б. Б. ЛАМПСИ, Л. Д. ХИСАМОВОЙ, П. А. ХАЗОВА «РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТАЛЬНОЙ ПОДКРАНОВОЙ БАЛКИ»

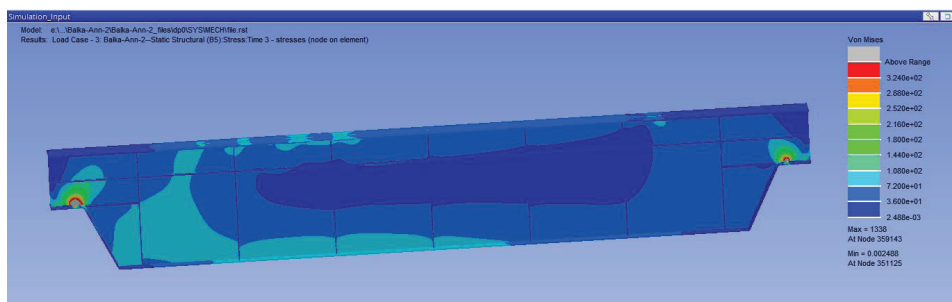


Рис. 1. Проект *nCode. Simulation_Input*. Напряжения по Вон-Мизесу

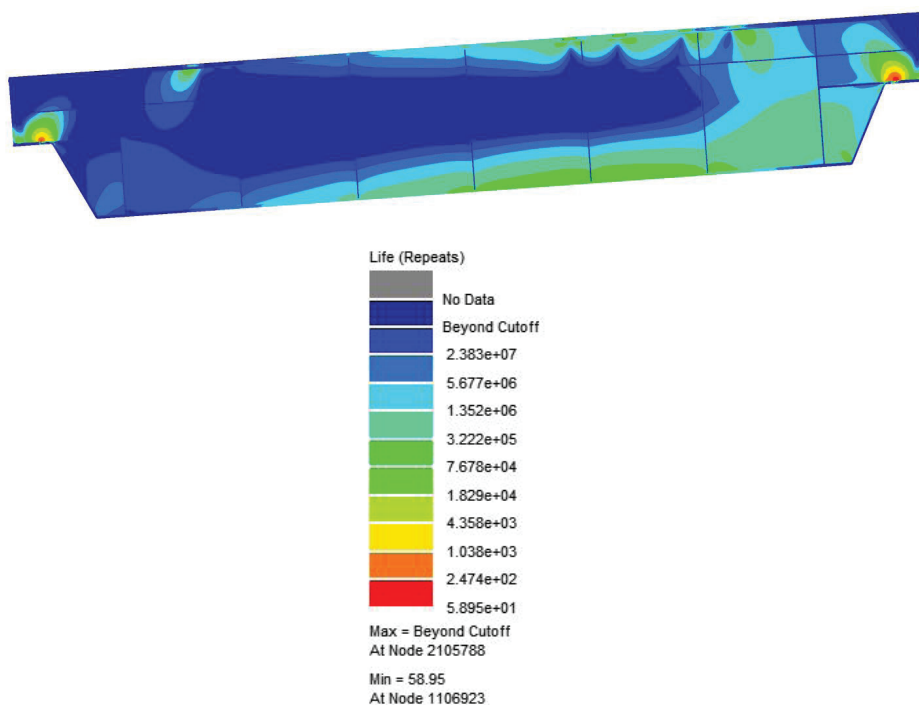


Рис. 2. Количество циклов до разрушения (расчет в зависимости от уровня деформаций)

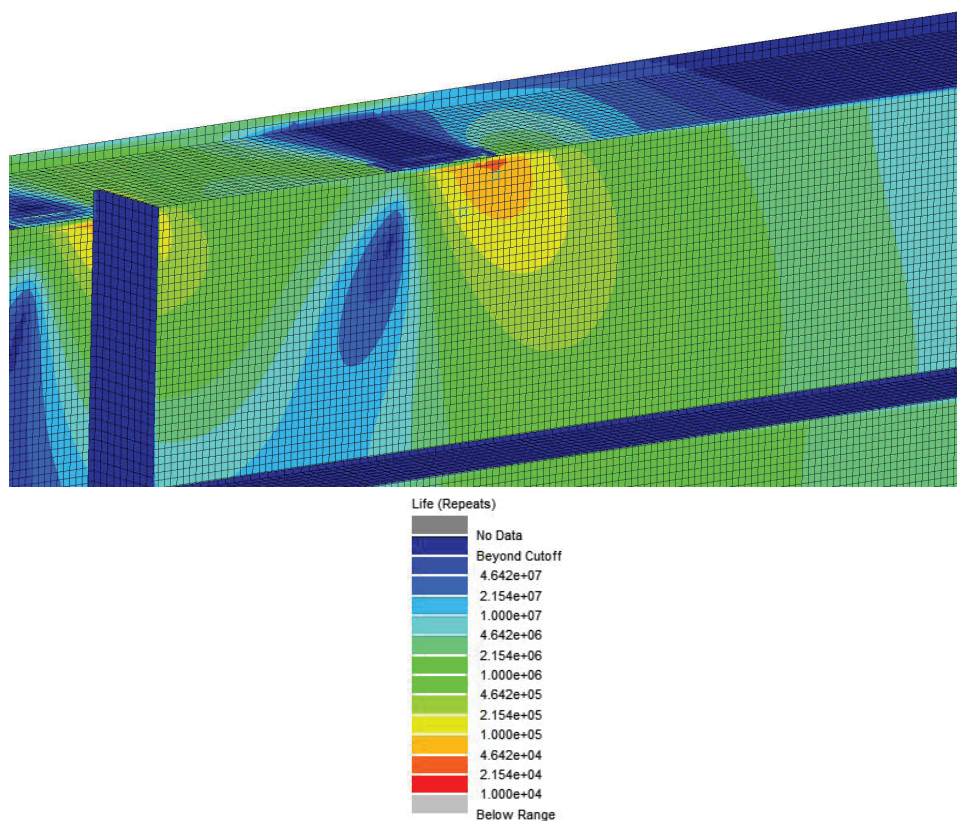


Рис. 3. Область наименьшего количества циклов до разрушения в зоне приложения нагрузки (расчет в зависимости от уровня деформаций)

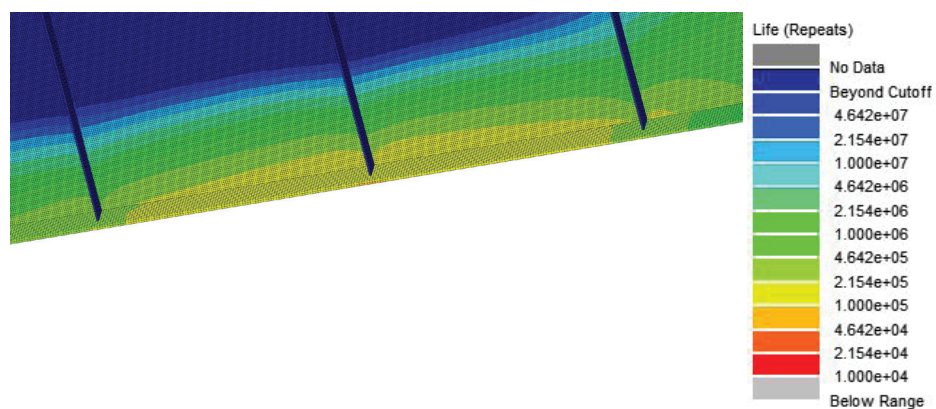


Рис. 4. Области наименьшего количества циклов до разрушения в стенке на границе с нижней полкой (расчет в зависимости от уровня деформаций)

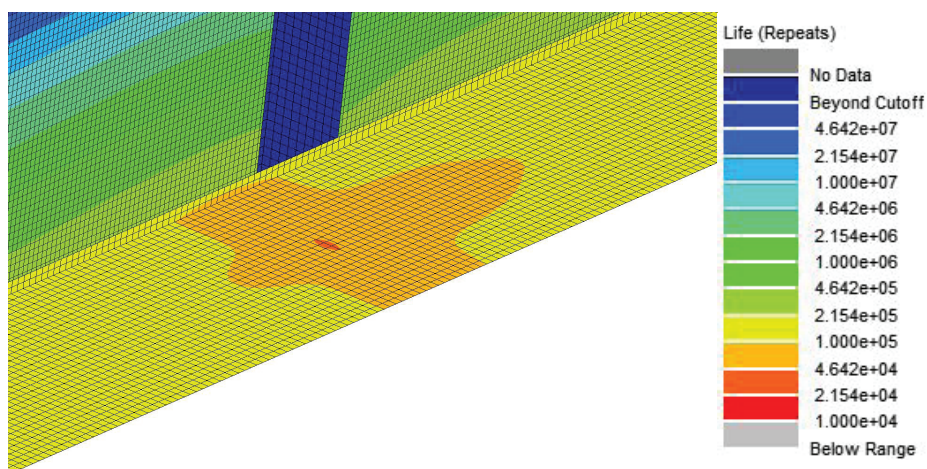


Рис. 5. Области наименьшего количества циклов до разрушения в нижней полке (расчет в зависимости от уровня деформаций)

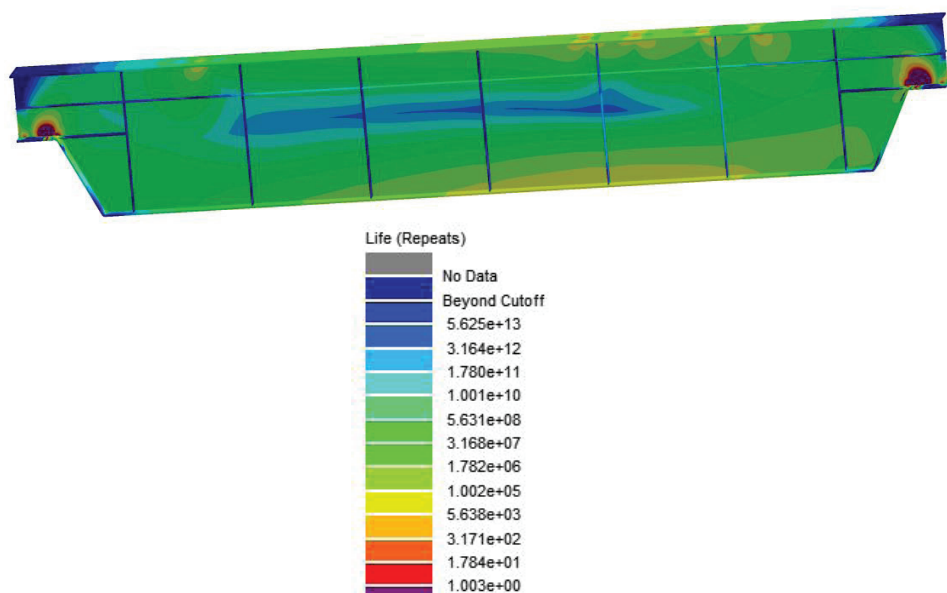


Рис. 6. Количество циклов до разрушения (расчет в зависимости от уровня напряжений)

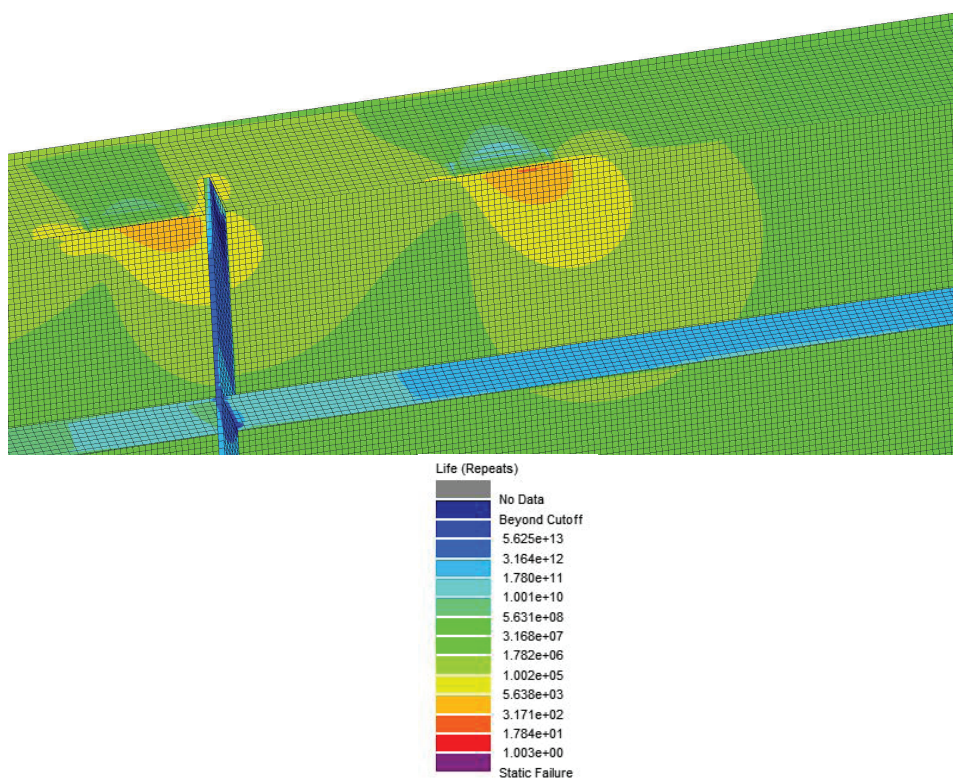


Рис. 7. Область наименьшего количества циклов до разрушения в зоне приложения нагрузки (расчет в зависимости от уровня напряжений)

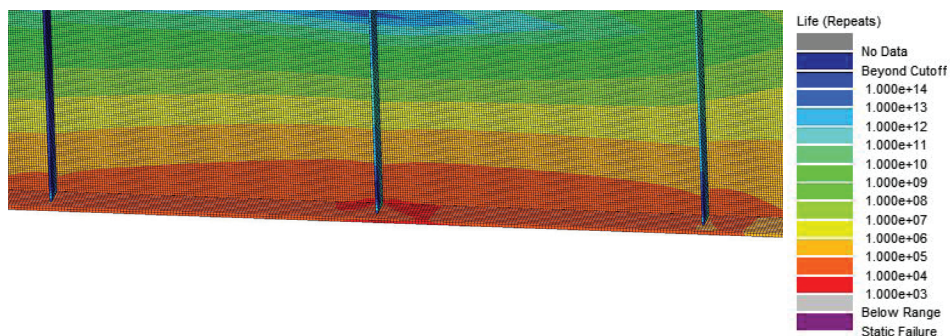


Рис. 8. Области наименьшего количества циклов до разрушения в стенке на границе с нижней полкой (расчет в зависимости от уровня напряжений)

и коэффициента асимметрии напряжений $\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ (здесь σ_{\min} – наименьшее по

абсолютному значению напряжение в рассчитываемом сечении элемента, вычисляемое так же и при том же нагружении, как и σ_{\max}). При разнозначных напряжениях σ_{\min} и σ_{\max} значение коэффициента ρ следует принимать со знаком «минус».

Расчет на усталость балок крановых путей следует выполнять согласно требованиям п.12.1.1 [1] на действие крановых нагрузок, определяемых согласно [6] при $\alpha = 0,77$ при кранах групп режимов работы 7К и 8К. Расчет на усталость верхней зоны стенок составных балок крановых путей в этом случае выполняется по формуле 173 [1]:

$$\frac{0,5 \cdot \sqrt{\sigma_x^2 + 0,36 \cdot \tau_{xy}^2} + 0,4 \cdot \sigma_{loc,y} + 0,5 \cdot \sigma_{fy}}{R_v} \leq 1, \quad (4)$$

где R_v – расчетное сопротивление усталости, принимаемое для всех марок сталей:

– для балок со сварными и фрикционными поясными соединениями соответственно:

для сжатой верхней зоны стенки (сечение в пролете балки)

$$R_v = 75 \text{ Н/мм}^2 \text{ и } 96 \text{ Н/мм}^2; \quad (5)$$

для растянутой верхней зоны стенки (опорные сечения неразрезных балок)

$$R_v = 65 \text{ Н/мм}^2 \text{ и } 89 \text{ Н/мм}^2. \quad (6)$$

Значения напряжений в формуле (4) следует принимать согласно (5), (6).

Эта методика расчета имеет ряд недостатков:

1. Количество циклов нагружения учитывается только с помощью коэффициента γ_v , искусственно понижающего значение расчетного сопротивления усталости.

2. При расчете по формуле (1) учет напряженно-деформированного состояния (НДС) происходит лишь путем введения коэффициента γ_v , то есть возникновение в системе того или иного НДС считается статическим. При этом не учитывается, как именно возникло данное НДС, которое может возникать как при постепенном увеличении нагрузки, так и при перемещении нагрузок в определенное положение. Характер изменения тензора напряжений в этих случаях будет различным, что, в свою очередь, может оказывать влияние на усталостные свойства материала.

Предлагаются 2 подхода при использовании ПБК *ANSYS* для оценки усталостной долговечности:

1. Расчет в зависимости от уровня деформаций.

Проект *nCode* напоминает аналогичный принцип построения проектов в оболочке *Workbench*, но имеет ряд своих специализированных расчетных шаблонов, которые впоследствии будут применяться и соединяться должным образом в зависимости от поставленной задачи, исходных данных и ожидаемого результата.

Результаты напряжений от заданной нагрузки представлены на рис. 1 цв. вклейки. Итоговые результаты практически не будут отличаться от аналогичных при статическом расчете по [1].

Результатом расчета служит параметр долговечности и локальная зона балки, в которой наблюдается минимальное число циклов до разрушения. Картина распределения количества циклов в зависимости от предельной деформации представлена на рис. 2 цв. вклейки.



Таблица 1

Результаты расчета в зависимости от уровня деформаций

Зона образования трещин	Количество циклов	Количество лет
в стенке под зонами приложения крановой нагрузки	от 21 540 до 46 420	от 3 до 6,5
в стенке на границе с нижней полкой	от 100 000 до 215 400	от 13,9 до 29,9
в нижней полке под ребром жесткости	от 46 420 до 100 000	от 6,5 до 13,9

2. Расчет в зависимости от уровня напряжений

Методика выполнения расчета от уровня напряжений идентична и не отличается от метода расчета по предельным деформациям. Так как необходимое количество циклов работы конструкции превышает 104, то именно данный расчет является основным по определению усталостной долговечности.

Картина распределения количества циклов в зависимости от уровня напряжений представлена на рис. 6 цв. вклейки.

Таблица 2

Результаты расчета в зависимости от уровня напряжений

Зона образования трещин	Количество циклов	Количество месяцев
в стенке под зонами приложения крановой нагрузки	5 638	12*
в стенке на границе с нижней полкой, в нижней полке	от 1 000 до 10 000	от 1,5 до 16,5

*Следует обратить внимание, что приведенные данные показывают период образования микротрещин, а не макротрещин, представленных на рис. 7 цв. вклейки

Согласно расчету на усталость по [1], сварная стальная подкрановая балка может эксплуатироваться без разрушения на протяжении 41 года, что противоречит результатам численного моделирования в программно-вычислительном комплексе “ANSYS”, который показал время образования усталостных трещин в гораздо меньшие сроки.

Благодаря сравнению численных расчетов и нормативных можно сделать вывод о том, что расчет по [1] недостаточно корректен для столь массивных подкрановых балок и обязательно должен проходить корректировку в современных программно-вычислительных комплексах.

Авторский коллектив выражает благодарность за предоставленные фотографии материалы профессору А. И. Колесову.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : актуализированная редакция СНиП II-23-81* : дата введения 28 августа 2017 г. – Москва : Минстрой России, 2017. – 145 с. – Текст : непосредственный.

2. Шилов, С. С. Расчет и особенности работы подкрановой балки и состояние исследований процессов усталости / С. С. Шилов, А. С. Зайкова, А. Д. Васин. – Текст : непосред-



ственный // Студенческий вестник. – 2019. – № 22. – 37 с.

3. Васин, А. Д. Исследование особенностей методов расчета подкрановой балки на усталость / А. Д. Васин, А. С. Зайкова, С. С. Шилов. – Текст : электронный // IX Всероссийский фестиваль наук : сборник докладов / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – Том 1. – 184 с. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42331111_84418313.pdf.

4. Васин, А. Д. Усиление и оптимизация напряженно-деформированного состояния стальной подкрановой балки / А. Д. Васин, С. С. Шилов, А. С. Зайкова. – Текст : электронный // Великие реки-2020 : 22 Международный научно-промышленный форум : труды научного конгресса международного научно-промышленного форума / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – С. 356–358.

5. Зайкова, А. С. Анализ усталостной долговечности подкрановой балки в ANSYS NCODE / А. С. Зайкова, С. С. Шилов, А. Д. Васин. – Текст : электронный // Великие реки-2020 : 22 Международный научно-промышленный форум : труды научного конгресса международного научно-промышленного форума / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – С. 394–396.

6. Горев, В. В. Металлические конструкции. Том 2. Конструкции зданий / В. В. Горев. – Москва : Высшая школа, 2004. – С. 167–169. – ISBN 5-06-003696-0. – Текст : непосредственный.

7. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия : свод правил : утвержден 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. – Москва : Минстрой России, 2016. – 80 с. – Текст : непосредственный.

LAMPSI Boris Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of theory of structures and technical mechanics; KHISAMOVA Lyubov Dmitrievna, undergraduate student of the chair theory of structures and technical mechanics; KHAZOV Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics

ESTIMATED FATIGUE LIFE OF A STEEL CRANE GIRDER

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;

e-mail: lampsi@yandex.ru, Hisamova.luba@mail.ru, khazov.nngasu@mail.ru

Key words: crane girder, multi-cycle fatigue, destruction mechanics, stress-strain state.

The article compares the results of numerical and experimental modelling of a crane girder under heavy cyclic loading. It is shown that the basic picture of pressure distribution from a given load during numerical and model experiments coincide, with its durability period varying.

REFERENCES

1. СП 16.13330.2017. Stalnye konstruksii [Steel constructions]: svod pravil: utverzhdyon prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 27 fevralya 2017 g. № 126/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIPII-23-81* : data vvedeniya 28 avgusta 2017 g. Moscow: Minstroy Rossii, 2017, 145 p.

2. Shilov S. S., Zaykova A. S., Vasin A. D. Raschyot i osobennosti raboty podkranovoy balki i sostoyanie issledovaniy protsessov ustalosti [Calculation and features of crane beam operation and status of fatigue studies]. Stuchenskiy vestnik [Student bulletin], 2019, № 22, 37 p.

3. Vasin A. D., Zaykova A. S., Shilov S. S. Issledovanie osobennostey metodov raschyota podkranovoy balki na ustalost [Study of crane beam fatigue calculation methods] IX Vserossiyskiy festival nauk. Sbornik dokladov [IX All-Russian Festival of Sciences. Collection of reports].



Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2020. Vol. 1, 184 p. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42331111_84418313.pdf.

4. Vasin A. D., Shilov S. S., Zaykova A. S. Usilenie i optimizatsiya napryazhyonno-deformirovannogo sostoyaniya stalnoy podkranovoy balki [Reinforcement and optimization of stress-strain state of steel crane girders]. Velikiereki-2020 : 22 Mezhdunarod. nauch.-promysh. forum: trudy nauchnogo kongressa mezhdunarod. nauch.-promysh. foruma [Great Rivers-2020 : the 22nd International Scientific and Industrial Forum : proceedings of the Scientific Congress of the International Scientific and Industrial Forum]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2020. P. 356–358.

5. Zaykova A. S., Shilov S. S., Vasin A. D. Analiz ustalostnoy dolgovechnosti podkranovoy balki v ANSYS NCODE [Crane beam fatigue life analysis in ANSYS NCODE]. Velikiereki-2020 : 22 Mezhdunarod. nauch.-promysh. forum: trudy nauchnogo kongressa mezhdunarod. nauch.-promysh. foruma [Great Rivers-2020 : the 22nd International Scientific and Industrial Forum : proceedings of the Scientific Congress of the International Scientific and Industrial Forum]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2020. P. 394–396.

6. Gorev V. V. Metallicheskie konstruksii. Tom 2. Konstruksii zdaniy [Metal structures. Vol. 2. Structures of buildings]. Moscow: Vysshaya shkola, 2004. P. 167–169. – ISBN 5-06-003696-0.

7. SP 20.13330.2016 Nagruzki i vozdeystviya [Loads and effects]: svod pravil: utverzhdyon prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 3 dekabrya 2016 g. № 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.1.07-85* : data vved. 4 iyunya 2017 g. Moscow: Minstroy Rossii, 2016, 80 p.

© Б. Б. Лампси, Л. Д. Хисамова, П. А. Хазов, 2021

Получено: 16.01.2021 г.

УДК 624.014:624.072.2

И. Л. КУЗНЕЦОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры МКиИС;
Р. Г. ГАЙНЕТДИНОВ, аспирант кафедры МКиИС

НОВОЕ УЗЛОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ С ТРАПЕЦИЕВИДНОЙ СТЕНКОЙ

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Тел.: (987) 296-32-34; эл. почта: KUZ377@mail.ru. Тел.: (937) 770-10-95;
эл. почта: rishat.gajnetdinov@bk.ru

Ключевые слова: холодногнутый профиль, болтовой узел, трапецевидная стенка, листовая фасонка, сквозная втулка.

Изготовление несущих конструкций из холодногнутых профилей не представляется возможным без разработки новых и оптимизации существующих узловых соединений. В связи с этим предлагается новое узловое соединение холодногнутых профилей с трапецевидной стенкой с использованием сквозных втулок. Для изучения напряженно-деформированного состояния соединения разработан опытный образец, проведены численные и экспериментальные исследования. В результате определена фактическая несущая способность узла и выявлена эпюра распределения эквивалентных напряжений по профилю. Отмечается, что применение сквозных втулок для постановки болтов в зоне контакта трапецевидной стенки профиля и листовой фасонки позволяет максимально использовать резерв несущей способности узла.



В последнее время развитие металлических конструкций приобретает новый вектор – на смену тяжелых прокатных профилей приходят и занимают лидирующие позиции легкие холодногнутые профили. Область их применения с каждым годом становится все шире. На сегодняшний день холодногнутые профили активно используются в малоэтажном [1–2], в многоэтажном строительстве [3], при реконструкции и капитальном ремонте [4] в большепролетных сооружениях [5], в малых мостовых конструкциях [6]. Применяются также в несущих конструкциях, в частности: в фермах пролетом до 15 м [7–10], больше 15 м [11–12], в рамных конструкциях [13–16]. Причина широкого применения профилей в строительстве обусловлена несколькими факторами – легкость, скорость монтажа, удобство транспортировки, налаживание технологической линии производства профилей и развитие методик расчетов [17–19]. Однако имеются существенные недостатки, которые не позволяют в полной мере применять профили в фермах пролетом больше 15 м и в несущих конструкциях, где возникают значительные усилия в элементах. Одним из основных недостатков является малая изученность действительной работы узловых соединений холодногнутых профилей. Работы по исследованию узловых соединений холодногнутых профилей посвящены [20–24].

В работах [11, 12] проведено экспериментальное исследование ферм, где верхний сжатый пояс выполнен из спаренных холодногнутых профилей с трапецевидной стенкой. В работе [25] авторами настоящей статьи представлено экспериментальное и численное исследование опытного образца идентичного болтовому узлу верхнего пояса ферм. Показано, что в данном узле можно поставить только два ряда болтов, в зоне контакта профилей с фасонкой. При этом отмечается, что стенка профиля только частично включается в работу, поэтому предлагается заполнить часть вогнутой плоской стенки (трапецевидной) листовой пластиной для возможности установки дополнительных рядов болтов [26]. Дальнейшие теоретические исследования показали, что решение позволяет выполнить оптимальную расстановку болтов и впоследствии рационально использовать резерв несущей способности профилей.

Данная работа является продолжением [25, 26], где вместо листовых пластин для заполнения свободного пространства между составными холодногнутыми профилями рассматривается новое узловое соединение с применением сквозных втулок с установкой болтов [27] (рис. 1).

Цель исследования заключается в фактическом поведении сплошной втулки, в теоретической и экспериментальной работе болта и фрагмента стенки холодногнутого профиля.

Новое узловое соединение представляет собой стержни из спаренных холодногнутых профилей с трапецевидной стенкой, соединенные в месте контакта болтами. В части вогнутой плоской стенки (трапецевидной) установлены усиливающие элементы, ликвидирующие зазор между стенкой профиля и фасонкой. При этом усиливающие элементы выполнены под каждый болт в виде сплошной одинарной втулки, вставленные в сквозное отверстие фасонки диаметром $A = D$, где D – диаметр втулки. В данном случае диаметр и толщина втулки определяются исходя из несущей способности болта. Полная высота втулки H равна толщине фасонки t_ϕ и двойной свободной толщине плоской вогнутой стенки профиля t_c

$$H = t_\phi + 2t_c, \quad (1)$$

где t_ϕ – толщина фасонки; t_c – свободная толщина плоской вогнутой стенки профиля.

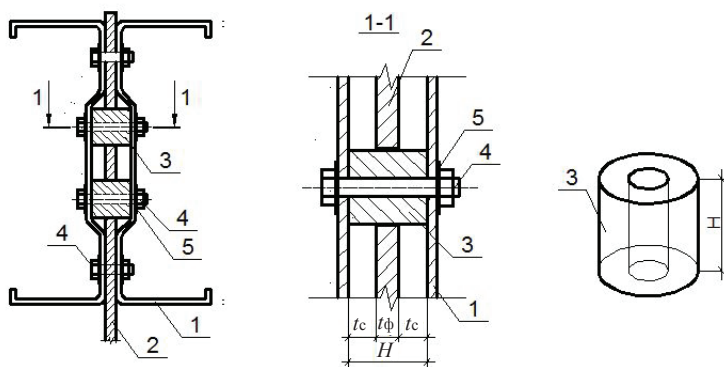


Рис. 1. Новый узел с применением сквозных втулок: 1 – холодногнутый профиль с трапециевидной стенкой; 2 – листовая фасонка; 3 – сквозная втулка; 4 – болт; 5 – шайба

Для оценки напряженно-деформированного состояния нового узла разработан опытный образец, позволяющий определить несущую способность болта, установленного через втулку и листовую фасонку (рис. 2).

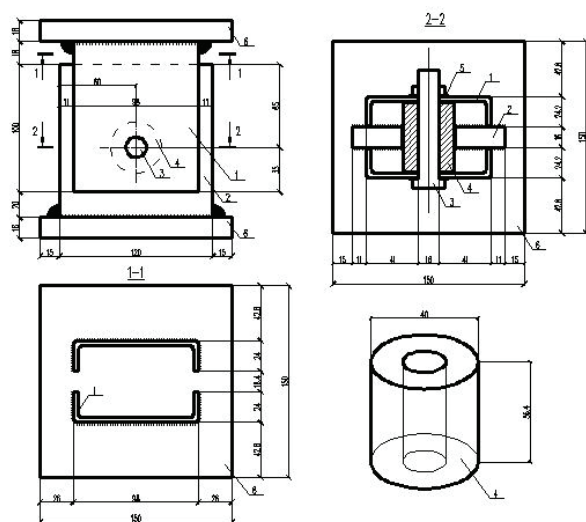


Рис. 2. Опытный образец: 1 – холодногнутый профиль с трапециевидной стенкой; 2 – листовая фасонка; 3 – болт; 4 – сквозная втулка; 5 – шайба; 6 – объединяющая пластина

Элементы образцов выполнены из элементов, с аналогичными параметрами, как в узловом соединении, рассмотренном в [25]. Фрагменты холодногнутых профилей с размерами $120 \times 20 \times 4$ мм из стали класса С350 соединены листовой фасонкой размерами $120 \times 120 \times 16$ мм из стали класса С245 на болтах М16 класса прочности 5.8, с помощью стальной сквозной втулки $D = 40$ мм. Диаметр втулки принят из условия обеспечения несущей способности болта. При этом втулка установлена в отверстие фасонки, диаметром $D = 40$ мм. Элементы образца поверху объединены стальными пластинами размерами $150 \times 150 \times 16$ мм.

Для оценки напряженно-деформированного состояния образца создана модель и проведено численное исследование. Моделирование опытного образца про-

изводилось путем создания отдельных моделей деталей и их дальнейшей сборки в единый узел в ПК “Solidworks” (рис. 3).

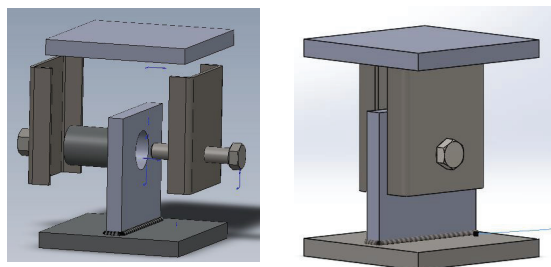


Рис. 3. Модель опытного образца

Определение напряженно-деформированного состояния опытного образца выполнено в модуле “Solidworks Simulation” с учетом физической и геометрической нелинейности. Нагрузка на образец приложена через стальную пластину как равномерно распределенная по площади, величина которой принята равной минимальной несущей способности болта на срез $N = 72\,360\text{ Н}$, усилие определено по СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» и соответствует [25].

Для подтверждения того, что постановка болтов в трапецевидной части стенки профиля, с помощью сквозной втулки, позволяет достичь включения в работу профиля, как в [25] с применением листовой пластины, построена (по сечению 1-1) эпюра распределения эквивалентных напряжений (рис. 4б).

Из графика видно, что пиковое максимальное напряжение в профиле в зоне расположения болта $\sigma = 218,5\text{ Н/мм}^2$, при этом вертикальное перемещение деталей образца $\delta = 0,79\text{ мм}$.

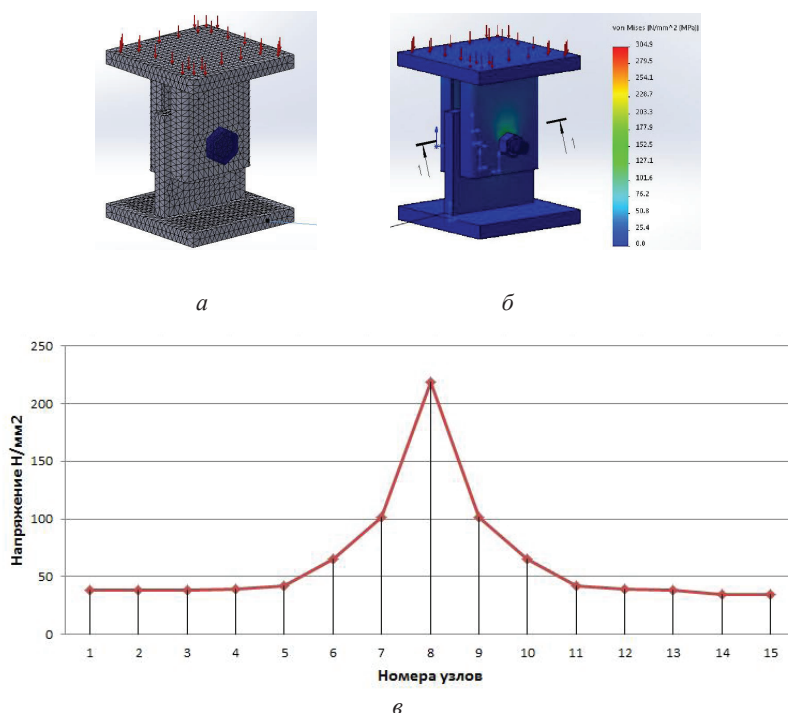


Рис. 4. Конечно-элементная модель (а); НДС опытного образца (б); эпюра распределения эквивалентных напряжений по сечению 1-1 (в)

Для возможности оценки фактического поведения опытного образца и сравнения с результатами, полученными при численном исследовании, проведено натурное испытание. Напряжения фиксировались с помощью тензометрических датчиков BE-120-10 АА, которые установлены по сечению 1-1 (рис. 4б). Датчики соединены с тензостанцией *Nationals Instruments NI cDAQ-9188*, которые, в свою очередь, подключены к персональному компьютеру, где через программу *NI LabVIEW 2015* проходит обработка данных НДС. Приложение нагрузки на образец производилось прессом ИР 5082. Скорость приложения нагрузки и величина регулируются при помощи программы *Testing M-auto*. Перемещения элементов сборки определяются по величине движения штока прессы (рис. 5).



Рис. 5. Экспериментальное исследование опытного образца

Загружение образца выполнялось поэтапно. В конце каждого этапа образец подвергался визуальному осмотру на наличие изменений и дефектов. Физическое разрушение экспериментального образца произошло в результате среза болта при нагрузке $N = 98\,000\text{ Н}$. Нужно отметить, болт подвержен частично местному искривлению. Максимальное вертикальное перемещение элементов образца составило $\delta = 0,87\text{ мм}$ (рис. 6).

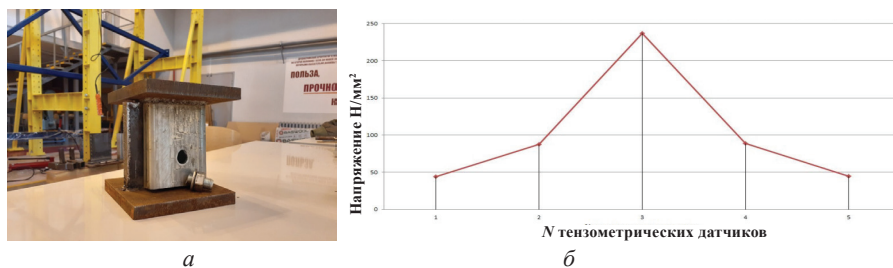


Рис. 6. Опытный образец после испытаний: а – разрушение болта в результате среза; б – эпюра распределения эквивалентных напряжений по данным тензодатчиков

Тензометрические датчики на протяжении всего эксперимента фиксировали изменения напряжений. На рис. 6 представлена эпюра распределения напряжений по сечению 1-1 (рис. 4б) при расчетной нагрузке $N = 72\,360\text{ Н}$.

Максимальное напряжение по показаниям тензометрических датчиков под болтами $\sigma = 236,8\text{ Н/мм}^2$. Разница между экспериментальным и численным исследованием составляет в пределах 6–7 %.

По итогам проведенной работы можно сказать о том, что новый узел с при-



менением сквозных втулок позволяет ликвидировать зазор, образуемый между стенкой и листовой фасонкой, при этом дает возможность получить более равномерное распределение напряжений по сечению профиля при многорядной постановке болтов.

Заключение

По результатам численных и экспериментальных исследований образца можно сделать следующие выводы:

1. Сквозные втулки, вставленные в отверстия стенки профиля, позволяют ликвидировать зазор, образуемый трапециевидной вогнутой стенкой профилей, и установить несущие болты, которые воспринимают усилия данных профилей.
2. Узловое соединение с применением сквозных втулок позволяет сэкономить сталь на 20–30 %, в отличие от решения, рассмотренного в [25], где свободное пространство между листовой фасонкой и холодногнутым профилем заполняется листовой пластиной.
3. В трапециевидной стенке тонкостенного профиля под сквозной втулкой с болтом возникает максимальное напряжение и уменьшается от места ее установки, при этом размеры втулки и их установка должны быть уточнены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санникова, О. А. Малоэтажное строительство из легких тонкостенных конструкций / О. А. Санникова, Б. С. Юшков. – Текст : непосредственный // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – Пермь, 2013. – Том 2. – С. 374–382.
2. Корнилов, Т. А. О некоторых ошибках проектирования и строительства малоэтажных домов из легких стальных тонкостенных конструкций в условиях крайнего севера / Т. А. Корнилов, Г. Н. Герасимов. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 3. – С. 41–45.
3. Советников, Д. О. Легкие стальные тонкостенные конструкции в многоэтажном строительстве / Д. О. Советников, Н. В. Виденков, Д. А. Трубина. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2012. – № 3. – С. 39–51.
4. Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы / К. В. Петров, Е. А. Золотарева, В. В. Володин, Н. И. Ватин, Е. Н. Жмарин. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 2. – С. 59–64.
5. Атавин И. В. Легкие стальные тонкостенные конструкции в строительстве спортивных сооружений / И. В. Атавин, Т. Л. Имескенов, Е. Г. Иванова. – Текст : непосредственный // Синергия наук. – 2016. – № 6. – С. 367–376.
6. Ватин, Н. И. Холодногнутый стальной профиль в малых мостовых конструкциях / Н. И. Ватин, А. В. Синельников. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2012. – № 3. – С. 39–51.
7. Белый, Г. И. Исследования работы стальной фермы из холодногнутых профилей с учетом их местной и общей устойчивости / Г. И. Белый, Э. Л. Айрумян. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 5. – С. 41–44.
8. Губайдуллин, Р. Г. Предотвращение аварий зданий и сооружений / Р. Г. Губайдуллин, М. Р. Губайдуллин, В. В. Муравский. – Текст : электронный // PAMAG.RU : ежедневное интернет-издание. 2009. – URL: <http://prevdis.ru/naturnye-ispytaniya-stropilnoj-fermy-iz-tonkostennyh-holodnognutyh-profilej.html> (дата обращения: 27.03.2020).
9. Опытное исследование стальных ферм из тонкостенных холодногнутых профилей на самонарезающих винтах / А. И. Колесов, А. А. Лапшин, И. А. Ямбаев, Д. А. Морозов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2013. – № 4 (28). – С. 15–19.



10. Коротких, А. В. Особенности работы фермы с перекрестной решеткой из тонкостенных оцинкованных профилей / А. В. Коротких, А. А. Гербер, И. И. Крылов. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 10 (634). – С. 9–20.
11. Зверев, В. В. Влияние податливости болтовых соединений на деформативность фермы из тонкостенных гнутых профилей / В. В. Зверев, А. С. Семенов. – Текст : непосредственный // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – № 2 (10). – С. 9–7.
12. Кузнецов, И. Л. Стенд и результаты испытания фермы пролетом 24 м со стержнями из оцинкованных холодногнутых профилей / И. Л. Кузнецов, М. А. Салахутдинов, Р. Г. Гайнетдинов. – Текст : непосредственный // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – № 4. – С. 193–199.
13. Зверев, В. В. Экспериментальные исследования рамных конструкций из холодногнутых профилей повышенной жесткости / В. В. Зверев, К. Е. Жидков, А. С. Семенов, И. В. Сотникова. – Текст : непосредственный // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2011. – № 4. – С. 20–24.
14. Енджиевский, Л. В. Численные и экспериментальные исследования рамы каркаса здания из тонколистовой оцинкованной стали / Л. В. Енджиевский, А. В. Тарасов. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 10. – С. 52–54.
15. Вержбовский, Г. Б. Рамные конструкции из легких стальных тонкостенных профилей / Г. Б. Вержбовский, Д. С. Горохова. – Текст : непосредственный // Актуальные процессы формирования науки в новых условиях : сборник статей Международной научно-практической конференции, 10 марта 2016 г. / Европейский фонд инновационного развития. – Москва, 2016. – С. 23–25. – ISBN 978-5-9907872-1-6.
16. Тарасов А. В. Рамная конструкция с несущими элементами нового типа сечения из тонколистовой оцинкованной стали / А. В. Тарасов, В. В. Тарасов, И. Я. Петухов. – Текст : непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 11-4 (42). – С. 131–134.
17. Айрумян, Э. Л. Особенности расчета стальных конструкций из тонкостенных гнутых профилей / Э. Л. Айрумян. – Текст : непосредственный // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2008. – № 3. – С. 2–7.
18. Белый, Г. И. Новые положения в инженерной методике расчета на устойчивость стальных стержневых элементов конструкций из холодногнутых профилей / Г. И. Белый. – Текст : непосредственный // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 2 (61). – С. 75–80.
19. Методы расчета тонкостенных стержней: статика, динамика, устойчивость / Д. О. Советников, А. А. Азаров, С. С. Иванов, В. А. Рыбаков. – Текст : непосредственный // Alfabuild. – 2018. – № 2 (4). – С. 7–33.
20. Корсун, Н. Д. Анализ НДС составного сечения из тонкостенных профилей с учетом начальных геометрических несовершенств / Н. Д. Корсун, Д. А. Простакишина. – Текст : непосредственный // Академический вестник УралНИИпроект РАССН. – 2018. – № 4. – С. 83–88.
21. Кузнецов, И. Л., Рамазанов Р. Р., Фахрутдинов Р. Р. Разработка и исследование новых типов соединений из тонкостенных элементов / И. Л. Кузнецов, Р. Р. Рамазанов, Р. Р. Фахрутдинов. – Текст : непосредственный // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 3 (29). – С. 34–43.
22. Rahima, Umami Kulsum Nadya, Fathoni Usman. Bolted connection of cold-formed steel section - a review / Rahima Umami Kulsum Nadya, Fathoni Usman // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, № 17. – P. 4737–4745.
23. Ведяков И. И. Несущая способность болтовых соединений легких конструкций из холодногнутых профилей малых толщин / И. И. Ведяков, П. Д. Одесский, Д. В. Соловьев. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 3. – С. 19–22.
24. Žilvinas, B. The behavior of cold formed steel structure connections / Žilvinas B., Gintas Š. // Engineering structures and technologies. – 2013. – № 5. – P. 113–122.
25. Кузнецов, И. Л.. Исследование напряженно-деформированного состояния болтового узла соединения из холодногнутых тонкостенных профилей / И. Л. Кузнецов, М. А. Салахутдинов, Р. Г. Гайнетдинов. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. –



2019. – №. 7. – С. 831–843.

26. Патент № 2709575 Российская Федерация. Решетчатая конструкция : заявл. 02.07.2018 : опубл. 18.12.2019. – Бюл. № 35. – Текст : непосредственный.

KUZNETSOV Ivan Leonidovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of steel structures and testing of structures; GAYNETDINOV Rishat Gabdulhaevich, post-graduate student of the chair of steel structures and testing of structures

NEW NODAL CONNECTION OF COLD-FORMED TRAPEZOIDAL WALL PROFILES

Kazan State University of Architecture and Engineering

1, Zelyonaya St., Kazan, 420043, Russia.

Tel.: +7 (987)296-32-34; e-mail: KUZ377@mail.ru. Tel.: +7 (937)770-10-95;

e-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru

Key words: cold-formed profile, bolted assembly, trapezoid wall, sheet gusset, through bush.

Manufacture of supporting structures from cold-formed profiles is impossible without development of new and optimization of existing nodal joints. In this regard, a new nodal connection of cold-formed trapezoidal wall profiles by through bushings is proposed. To study the stress-strain state of the connection, prototypes were developed, and numerical and experimental studies were carried out. As a result, the actual bearing capacity of the node was determined and a diagram of the distribution of equivalent stresses along the profile was identified. It is noted, that the use of through bushings for mounting bolts in the contact zone of a trapezoidal wall of the profile and a sheet gusset improves the actual operation of the assembly.

REFERENCES

1. Sannikova O. A., Yushkov B. S. Maloetaznoe stroitelstvo iz lyogkikh tonkostennykh konstruktсий [Low-rise construction of light thin-walled structures]. *Ekologiya i nauchno-tekhnicheskii progress. Urbanistika* [Ecology and scientific and technical progress. Urbanistics]. Perm, 2013. Vol. 2. P. 374–382.
2. Kornilov T. A., Gerasimov G. N. O nekotorykh oshibkakh proektirovaniya i stroitelstva maloetaznykh domov iz lyogkikh stalnykh tonkostennykh konstruktсий v usloviyakh kraynego severa [About some errors in the design and construction of low-rise houses of light steel thin-walled structures in the extreme north]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil engineering]. 2015. № 3. P. 41–45.
3. Sovetnikov D. O., Videnkov N. V., Trubina D. A. Lyogkie stalnye tonkostennye konstruktсии v mnogoetazhnom stroitelstve [Light steel thin-walled structures in construction of multi-storey buildings]. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of unique buildings and structures]. 2012. № 3. P. 39–51.
4. Petrov K. V., Zolotaryova E. A., Volodin V. V., Vatin N. I., Zhmarin E. N. Rekonstruktsiya krysh Sankt-Peterburga na osnove lyogkikh stalnykh tonkostennykh konstruktсий i antiobledenitelnoy sistemy [Reconstruction of roofs of St. Petersburg based on light steel thin-walled structures and anti-icing system]. *Inzhenerno-stroitelny zhurnal* [Engineering and construction magazine]. 2010. № 2. P. 59–64.
5. Atavin I. V., Imeskenov T. L., Ivanova E. G. Lyogkie stalnye tonkostennye konstruktсии v stroitelstve sportivnykh sooruzheniy [Light steel thin-walled structures in the construction of sport facilities]. *Sinerгиya nauk* [Synergy of Science]. 2016. № 6. P. 367–376.
6. Vatin N. I., Sinelnikov A. S. Kholodnognuty stalnoy profil v malykh mostovykh konstruktсийakh [Footway bridges: cold formed steel cross-section]. *Stroitelstvo unikalnykh*



zdanii i sooruzheniy [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2012. № 3. P. 39–51.

7. Bely G. I., Ayrumyan E. L. Issledovaniya raboty stalnoy fermy iz kholodnognutnykh profiley s uchyotom ikh mestnoy i obshchey ustoychivosti [Investigations of the work of a steel truss from cold-formed profiles taking into account their local and general stability]. Promyshlennoe grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil engineering]. 2010. № 5. P. 41–44.

8. Gubaydullin R. G., Gubaydullin M. R., Muravsky V. V. Predotvrashchenie avariyy zdanii i sooruzheniy [Preventing accidents of buildings and structures] PAMAG.RU : ezhdnev. Internet-izd. 2009. URL: <http://prevdis.ru/naturnye-ispytaniya-stropilnoj-fermy-iz-tonkostennykh-kholodnognutnykh-profilej.html> (data obrascheniya: 27.03.2020).

9. Kolesov A. I., Lapshin A. A., Yambaev I. A., Morozov D. A. Opytnoe issledovanie stalnykh ferm iz tonkostennykh kholodnognutnykh profiley na samonarezayuschikh vintakh [Experimental study of steel trusses of thin-walled cold-formed profiles on self-tapping screws]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2013. № 4 (28). P. 15–19.

10. Korotkikh A. V., Gerber A. A., Krylov I. I. Osobennosti raboty fermy s perekryostnoy reshyotkoy iz tonkostennykh otsinkovannykh profiley [Features of the work of a cross bars of thin walled zinc coated profiles]. Izvestiya vuzov. Stroitelstvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2011. № 10 (634). P. 9–20.

11. Zverev V. V., Semyonov A. S. Vliyaniye podatlivosti boltovykh soedineniy na deformativnost fermy iz tonkostennykh gnutnykh profiley [Influence of bolted connections compliance on deformability of girder made of thin-walled roll-formed sections]. Nauchny vestnik Voronezh. gos. arkhitektur.-stroit. un-ta. Stroitelstvo i arkhitektura [Construction and architecture. Scientific Bulletin of Voronezh State University of Architecture and Construction]. 2008. № 2 (10). P. 9–17.

12. Kuznetsov I. L., Salakhutdinov M. A., Gaynetdinov R. G. Stend i rezultaty ispytaniya fermy prolyotom 24 m so sterzhnyami iz otsinkovannykh kholodnognutnykh profiley [Stand and test results of a 24 m span truss with elements of galvanized cold-formed profiles]. Izvestiya Kazan. gos. arkhitektur.-stroit. un-ta [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering]. 2018. № 4. P. 193–199.

13. Zverev V. V., Zhidkov K. E., Semyonov A. S., Sotnikova I. V. Eksperimentalnye issledovaniya ramnykh konstruktсий iz kholodnognutnykh profiley povyshennoy zhyostkosti [Experimental researches of frame constructions of cold-formed profiles of raised rigidity]. Nauchny vestnik Voronezh. gos. arkhitektur.-stroit. un-ta. Stroitelstvo i arkhitektura [Construction and architecture. Scientific Bulletin of Voronezh State University of Architecture and Construction]. 2011. № 4. P. 20–24.

14. Endzhievsky L. V., Tarasov A. V. Chislennyye i eksperimentalnye issledovaniya ramy karkasa zdaniya iz tonkolistovoy otsinkovannoy stali [Numerical and experimental research of the frame of a building of sheet galvanized steel]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil engineering]. 2012. № 10. P. 52–54.

15. Verzhbovsky G. B., Gorokhova D. S. Ramnye konstruktсии iz lyogkikh stalnykh tonkostennykh profiley [Frame structures made of light steel thin-walled profiles]. Aktualnye protsessy formirovaniya nauki v novykh usloviakh : sbornik statey Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. [Actual processes of formation of science in new conditions. Collection of articles of the International scientific-practical conference]. 2016. P. 23–25. – ISBN 978-5-9907872-1-6.

16. Tarasov A. V., Tarasov I. V., Petukhov I. Ya. Ramnaya konstruktсиya s nesuschimi elementami novogo tipa secheniya iz tonkolistovoy otsinkovannoy stali [Frame structure with load-bearing elements of a new type of section made of thin-sheet galvanized steel]. Mezhdunarodny nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. 2015. № 11-4 (42). P. 131–134.

17. Ayrumyan E. L. Osobennosti raschyota stalnykh konstruktсий iz tonkostennykh gnutnykh profiley [Features of calculation of steel structures made of thin-walled bent profiles]. Montazhnyye i spetsialnyye raboty v stroitelstve [Installation and special work in construction]. 2008. № 3. P. 2–7.

18. Bely G. I. Novye polozheniya v inzhenernoy metodike raschyota na ustoychivost



stalnykh sterzhnevnykh elementov konstruktsey iz kholodnogutykh profily [New provisions in the engineering methodology for calculating the stability of steel core elements of structures made of cold-formed profiles]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of civil engineers]. 2017. № 2 (61). P. 75–80.

19. Sovetnikov D. G., Azarov A. A., Ivanov A. S., Rybakov V. A. Metody raschyota tonkostennykh sterzhney: statika, dinamika, ustoychivost [Methods of calculation of thin walled bars: statics, dynamics and stability]. Alfabuild. 2018. № 2 (4). P. 7–33.

20. Korsun N. D., Prostakishina D. A. Analiz NDS sostavnogo secheniya iz tonkostennykh profily s uchytom nachalnykh geometricheskikh nesovershenstv [Structural analysis of stress and strain state of paired thin-walled section with initial geometric imperfections]. Akademicheskii vestnik UralNIIProekt RAASN [Academic Bulletin of URALNIIPROEKT of RAACS]. 2018. № 4. P. 83–88.

21. Kuznetsov I. L., Ramazanov R. R., Fakhrutdinov R. R. Razrabotka i issledovanie novykh tipov soedineniy iz tonkostennykh elementov [Development and research of new types of joints of thin-walled elements]. Izvestiya Kazan. gos. arkhitektur.-stroit. un-ta [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering]. 2014. № 3 (29). P. 34–43.

22. Rahima Umami Kulsum Nadya., Fathoni Usman. Bolted connection of cold-formed steel section - a review. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13. № 17. P. 4737–4745.

23. Vedyakov I. I., Odessky P. D., Solovyov D. V. Nesuschaya sposobnost boltovykh soedineniy lyogkikh konstruktsey iz kholodnogutykh profily malykh tolschin [Bearing capacity of bolted connections of light structures of cold-formed profiles of small thicknesses]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil engineering]. 2010. № 3. P. 19–22.

24. Žilvinas B., Gintas Š. The behavior of cold formed steel structure connections. Engineering structures and technologies. 2013 № 5. P. 113–122.

25. Kuznetsov I. L., Salakhutdinov M. A., Gaynetdinov R. G. Issledovanie napryazhyonno-deformirovannogo sostoyaniya boltovogo uzla soedineniya iz kholodnogutykh tonkostennykh profily [Investigation of the stress-deformation state of a bolt-joint assembly of cold-bent thin-walled profiles]. Vestnik MGSU [Vestnik of Moscow State University of Civil Engineering]. 2019. № 7. P. 831–843.

26. Patent 2709575 Russian Federation. Lattice work: zayavl. 02.07.2018; opubl. 18.12.2019. Bul. № 35.

© И. Л. Кузнецов, Р. Г. Гайнетдинов, 2021

Получено: 24.12.2020 г.

УДК 624.971

Н. Ю. ТРЯНИНА, канд. техн. наук, проф. кафедры теории сооружений и технической механики; **И. А. САМОХВАЛОВ**, асс. кафедры строительных конструкций; **Е. Н. ОБЛЕТОВ**, асс. кафедры теории сооружений и технической механики

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ СЕТЧАТОЙ ГИПЕРБОЛОИДНОЙ БАШНИ В. Г. ШУХОВА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96;
эл. почта: i.a.samohvalov@yandex.ru, nadial2005@mail.ru

Ключевые слова: сетчатая гиперboloидная башня, живучесть, статический расчет, динамический расчет, расчет на устойчивость, потенциальная энергия, разрушение.



Выполнен численный расчет сетчатой гиперboloидной башни на живучесть в условии отказа отдельных несущих элементов системы в результате аварийного воздействия в статической и динамической постановках. Произведен расчет на устойчивость с определением коэффициентов запаса устойчивости. Рассмотрены 4 варианта аварийного воздействия.

Рассматривая достижения в области живучести конструкций, необходимо отметить работы [1–3], в которых приведены методы расчета на прогрессирующее разрушение и стратегии, основанные на учете установленных чрезвычайных нагрузок и на ограничении размеров локализованного разрушения. В исследованиях [4–7] указано, что конструкции должны быть запроектированы так, чтобы они не были повреждены при наступлении аварийных событий: взрыв, удар, локальный дефект и др. В работах [8–11] приведены методы косвенного, прямого, альтернативного путей нагружения, особой локальной прочности, а также приведены пути сокращения вероятности прогрессирующего обрушения и тематические исследования в области живучести конструкций.

В общем случае под живучестью несущих конструкций будем понимать их свойство сохранять в течение некоторого времени работоспособность при наличии развивающихся дефектов и повреждений различной природы. Источниками живучести являются: физико-механические свойства, которые характеризуют способность материалов сопротивляться разрушению; запасы прочности, определяющие напряженно-деформированное состояние и интенсивность деградации; структурная избыточность и резервирование элементов.

Показатели живучести будем рассматривать для следующих режимов функционирования конструкции за пределами номинальных условий работы:

- режим инициации аварийной ситуации. Это кратковременный по длительности режим, в течение которого проектные параметры конструкции выходят за пределы допустимых значений;
- режим развития аварийной ситуации. Это режим произвольной длительности, в течение которого происходит деградация конструкции до полной потери ею прочности, несущей способности, конструкционной целостности.

Наиболее общие показатели живучести для этих двух режимов относятся к одной из следующих групп: системные запасы прочности, компенсационные характеристики, характеристики интенсивности деградации.

Таким образом, если при отказе отдельных несущих элементов или узлов конструкция обладает способностью перераспределения усилий на соседние элементы, можно считать, что она обладает потенциальной живучестью [12, 13].

Наиболее яркие примеры моделирования и расчета конструкций на живучесть и прогрессирующее обрушение, используя современные компьютерные технологии, приведены в [14–16].

Объектом исследования является сетчатая гиперboloидная башня инженера В. Г. Шухова на реке Оке, построенная в 1929 году, имеющая диаметр основания 34 м и высоту 128 м. Она признана западными специалистами совершенной [17], внесена в список Всемирного наследия и охраняется государством. Исследование работы этой башни интересно именно с точки зрения вопроса живучести, так как сама жизнь поставила суровый эксперимент на ее способность выжить в непредвиденной экстремальной ситуации. Вандалами были удалены 16 опорных стоек и несколько элементов промежуточных колец в основании башни (схема 4), и она выдержала это испытание, осталась стоять без разрушений и заметных отклоне-

ний. Была поставлена задача – оценить спектр перераспределения усилий, определить коэффициенты запаса устойчивости с учетом динамического (импульсного) воздействия и произвести оценку живучести башни.

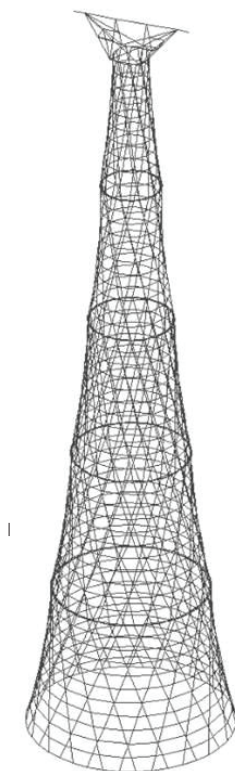


Рис. 1. Модель сетчатой башни В. Г. Шухова

Был произведен статический и динамический расчет этой башни по действующим нормам для I ветрового района методом конечных элементов с применением пакета прикладных программ “SCADOffice”.

При исследовании различных случаев отказа группы элементов ставилась задача – определить, при каком из вариантов происходит наибольшее увеличение внутренних усилий в стержнях башни и как это влияет на устойчивость отдельных элементов конструкции и всей башни в целом.

Были рассмотрены 5 следующих расчетных схем:

1. Целостная система без дефектов (рис. 1 цв. вклейки);
2. Отказ части промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов (рис. 2 цв. вклейки);
3. Отказ 16 опорных стоек (рис. 3 цв. вклейки);
4. Реальный случай – удаление промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов и 16 стоек (рис. 4 цв. вклейки);
5. Удаление промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов и 22 стоек (рис. 7 цв. вклейки).

Исследование перераспределений усилий в вышеперечисленных вариантах показало, что при удалении части стоек между опорным кольцом и кольцом 3-го яруса (схема 3) происходит увеличение усилий растяжения-сжатия в оставшихся стойках в 2 раза. Дальнейшее удаление промежуточных колец ведет к увеличению

К СТАТЬЕ Н. Ю. ТРЯНИНОЙ, И. А. САМОХВАЛОВА, Е. Н. ОБЛЕТОВА
 «ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ЖИВУЧЕСТИ СЕТЧАТОЙ
 ГИПЕРБОЛОИДНОЙ БАШНИ В. Г. ШУХОВА»

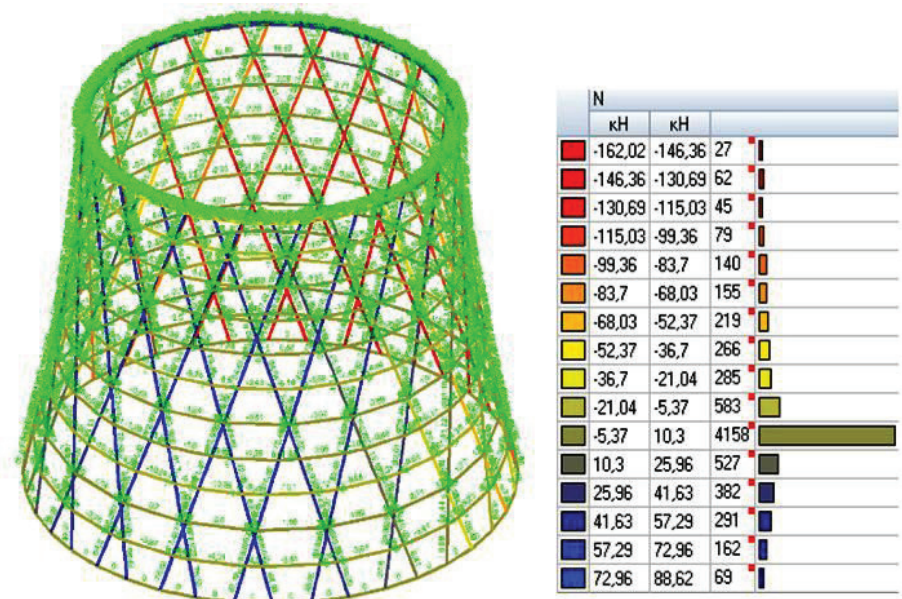


Рис. 1. Схема 1. Вариант распределения усилий при нормальной эксплуатации башни

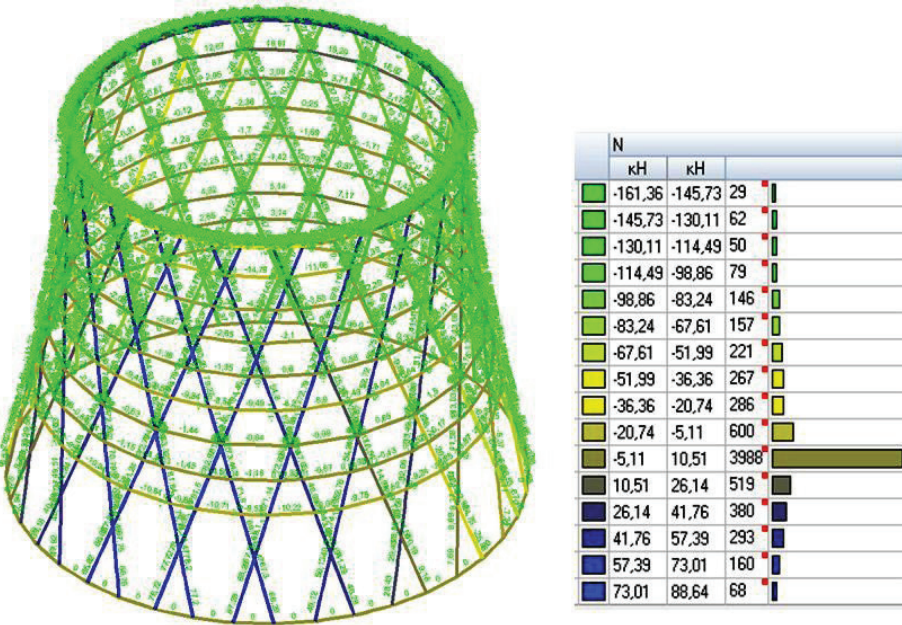


Рис. 2. Схема 2. Вариант перераспределения усилий при разрушении промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов

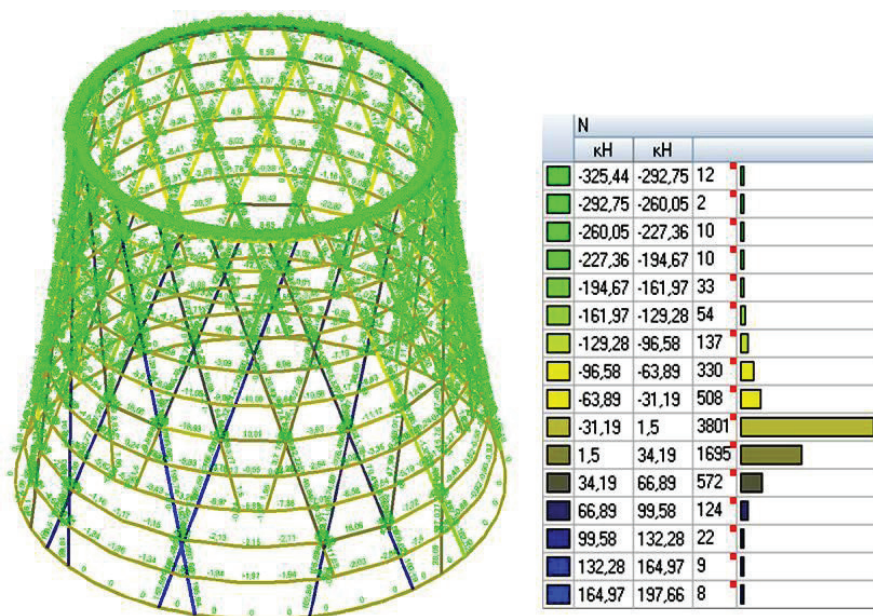


Рис. 3. Схема 3. Вариант перераспределения усилий при разрушении 16 стоек

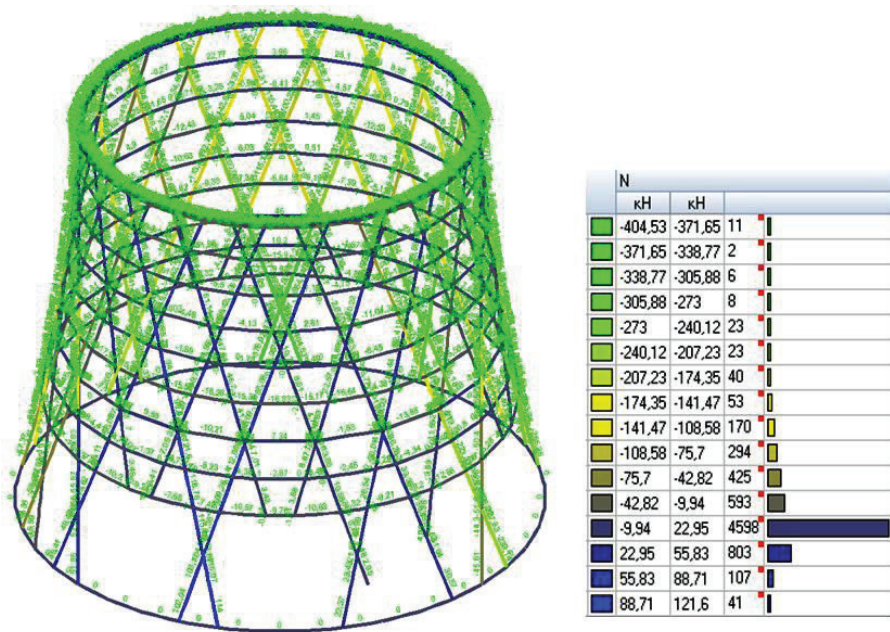


Рис. 4. Схема 4. Вариант перераспределения усилий при разрушении промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов и 16 стоек

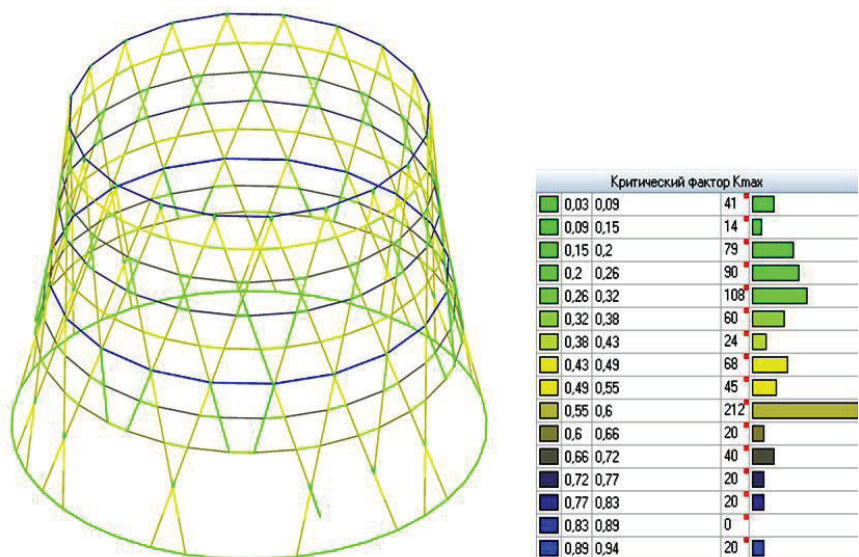


Рис. 5. Схема 4. Коэффициент использования элементов при разрушении промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов и 16 стоек

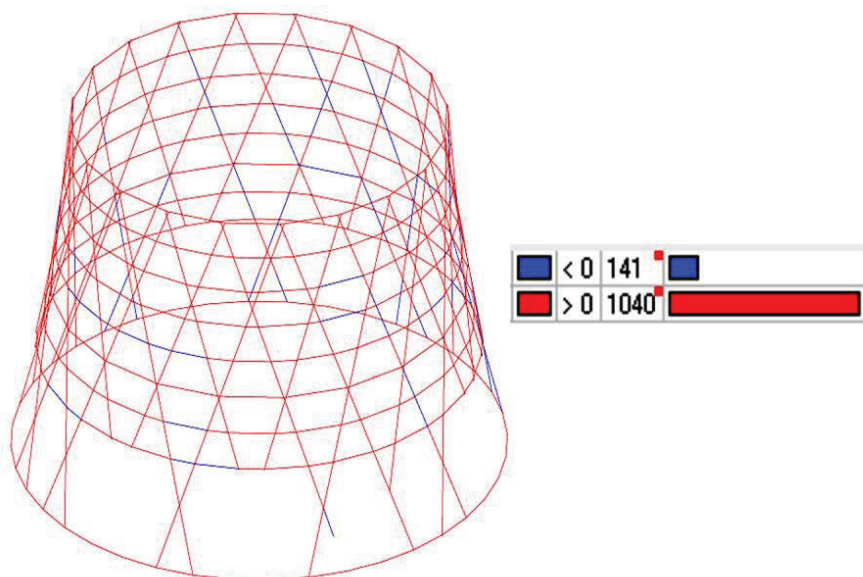


Рис. 6. Схема 4. Распределение потенциальной энергии в отклоненной деформированной форме при удалении промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов и 16 стоек

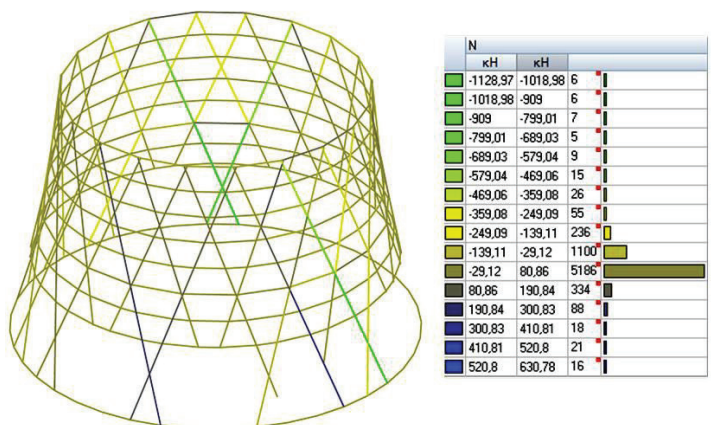


Рис. 7. Схема 5. Вариант перераспределения усилий при разрушении промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов и 22 стоек

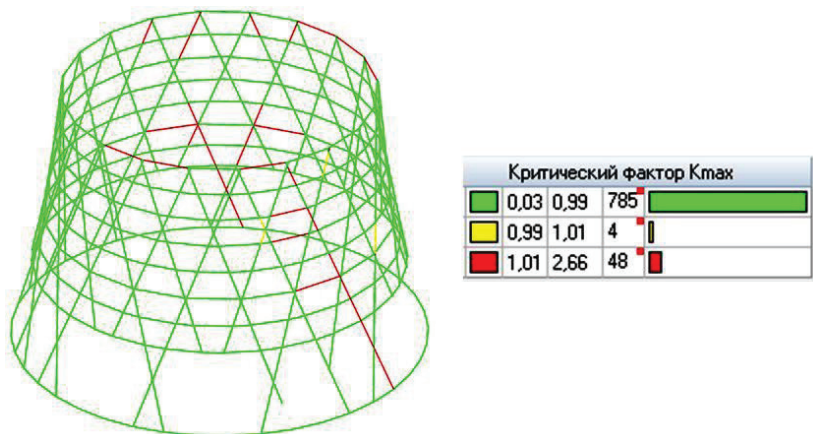


Рис. 8. Схема 5. Коэффициент использования элементов при разрушении промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов и 22 стоек

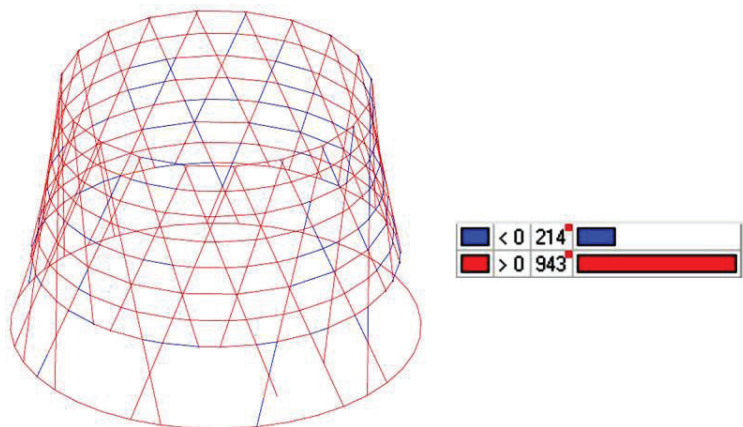


Рис. 9. Схема 5. Распределение потенциальной энергии в отклоненной деформированной форме при удалении промежуточных колец 1-го и 2-го ярусов и 22 стоек



усилий в элементах башни (см. таблицу): усилия сжатия в реальной схеме 4 возрастают в 2,5 раза, при этом максимальный коэффициент использования элементов находится в диапазоне 0,89–0,94 в 20 элементах конструкции (рис. 5 цв. вклейки). Это говорит о том, что элементы башни были запроектированы с большим запасом по прочности и после удаления целой группы стержней внутренние усилия перераспределились на соседние элементы и не превысили предельно допустимого значения. И только после дальнейшего теоретического удаления стоек увеличились как усилия растяжения, так и сжатия почти в 7 раз, и возросло число сжато-изгибаемых элементов. В этом случае вышли из строя 50 элементов. Коэффициент использования металлоконструкций достиг значений 1,01–2,66 (рис. 7, 8 цв. вклейки), что говорит о разрушении.

Величины продольных усилий в элементах башни

Схема 1 Усилия, кН	Схема 2 Усилия, кН	Схема 3 Усилия, кН	Схема 4 Усилия, кН	Схема 4 Уровень энергии	Схема 5 Усилия, кН	Схема 5 Уровень энергии
-162,02	-161,36	-325,44	-404,53	-0,96	-1128,97	-2,23214
-130,69	-130,11	-260,05	-338,77	-0,61	-909	-1,21113
-99,36	-98,86	-194,67	-273	-0,0931	-689,03	-0,03256
-68,03	-67,61	-129,28	-207,23	0,0812	-469,06	-0,000736
-36,7	-36,36	-63,89	-141,47	0,114	-249,09	-0,00000229
10,3	10,51	34,19	-42,82	0,202	80,86	0,000779
41,63	41,76	99,58	22,95	0,1345	300,83	0,1213
72,96	73,01	164,97	88,71	0,9526	520,8	0,42
88,62	88,64	197,66	121,6	1,426	630,78	0,65

Кроме расчета на прочность, был выполнен расчет на устойчивость. В комплексе SCAD используется энергетический метод при расчете на устойчивость. Режим проверки устойчивости позволяет определить коэффициенты запаса устойчивости КЗУ как для отдельных элементов, так и для всей конструкции в целом, а также показывает формы потери устойчивости. Несмотря на то, что потеря устойчивости характеризует всю систему, это не означает, что все ее элементы в равной степени ответственны за появление критического состояния. Их конкретную роль можно оценить с помощью анализа энергетической картины, которая дает понять, какие элементы системы теряют устойчивость (таблица). Рассматривается потеря устойчивости первого рода в классической «эйлеровской» постановке для упругой системы. Результатами расчета являются формы потери устойчивости и КЗУ по заданным комбинациям. КЗУ для стержневых систем должны быть не менее $\gamma_s = 1,3$ [18].

Полная потенциальная энергия системы в деформированном состоянии состоит из потенциальной энергии деформации и потенциальной энергии внешних сил. Изменение полной энергии системы

$$\partial U = \partial V - \partial A,$$

где ∂V – приращение потенциальной энергии деформации, ∂A – приращение работы внешних сил.

Согласно принципу Лагранжа-Дирихле, если исследуемое состояние устойчиво, тогда $\partial U > 0$.

Энергетический постпроцессор отображает значения потенциальной энергии



всей системы в отклоненном деформированном состоянии и позволяет определить число элементов, потерявших устойчивость.

На рис. 6 цв. вклейки показано распределение потенциальной энергии в отклоненном состоянии для реальной схемы 4. Здесь количество стержней с отрицательным значением потенциальной энергии равно 141, а с положительным – 1040, приращение общей потенциальной энергии системы $\partial U > 0$, что характеризует положение системы как устойчивое. Коэффициент запаса устойчивости всей системы условно-достаточный и составляет 1,19. Этот расчет был подтвержден и на практике – Шуховская башня не потеряла устойчивости после удаления такого количества элементов.

Для схемы 5 (рис. 9 цв. вклейки) количество элементов с отрицательным значением энергии увеличилось и составило 214, изменилось и значение приращения общей потенциальной энергии системы $\partial U < 0$, что характеризует положение системы как неустойчивое. Коэффициент запаса устойчивости всей системы недостаточный и составляет 0,32, что говорит об общей потере устойчивости системы. Следовательно, именно при такой достаточно большой зоне разрушения отдельных элементов происходит общее разрушение башни. Это еще раз доказывает, что конструкция сетчатой гиперboloидной башни уникальна и удивительно живуча.

Работа выполнялась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-08-00715-а).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. General Services Administration Washington. DC Draft. Progressive Collapse Analysis Draft, Progressive Collapse Analysis Office Buildings and Major Modernization Projects. – Washington, 2003.
2. Starossek, U. Progressive collapse nomenclature /U. Starossek//Struct. Eng. Int. – 2009. – P. 1886–895.
3. Pujol, S. A new perspective on the effects of abrupt column removal / S. Pujol, J. P. Smith-Pardo // Engineering Structures. – 2009. – № 31. – P. 869–874.
4. Wald, F. Benchmark cases for advanced design of structural steel connections / F. Wald. – Praha: Czech Technical University, 2016. – 187 p.
5. Abruzzo, J. Study of mitigation strategies for progressive collapse of a reinforced concrete commercial building / J. Abruzzo, A. Matta, G. Panariello // Journal of Performance of Constructed Facilities. – 2006. – № 20920(4). – P. 384–390.
6. Перельмутер, А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А. В. Перельмутер. – Москва : ACB, 2011. – 256 с. – ISBN 978-5-93093-484-7. – Текст : непосредственный.
7. Грачев, В. Ю. Непропорциональное разрушение. Сравнение методов расчета / В. Ю. Грачев, Т. А. Вершинина, А. А. Пузаткин. – Екатеринбург: Ажур, 2010. – 81 с. – ISBN: 978-5-91256-018-7. – Текст : непосредственный.
8. Белостоцкий, А. М. Численное моделирование в экспертных исследованиях причин обрушения и локального разрушения конструкций большепролетных зданий / А. М. Белостоцкий. – Текст : непосредственный // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2008. – Vol. 4, Issue 2. – С. 26–27.
9. Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings / R. Bruce, Robert S. Ellingwood, Donald O. Dusenberry, D. Dat, H. S. Lew. – U. S. : Department of Commerce, 2007, 214 p.
10. Agnew, E. Dynamic analysis procedures for progressive collapse / E. Agnew, S. Marjanishvili // Structure Magazine. – 2006. – P. 24–27.
11. Progressive collapse of multi-storey buildings due to failed floor impact / A. Vlassis, B. Izzuddin, A. Elghazouli, D. Nethercot// Engineering Structures. – 2009. – № 31 (7). – P. 1308–1318.



12. Тестоедов, П. С. Исследование вопросов живучести стальных сетчатых покрытий / П. С. Тестоедов, Н. Ю. Трянина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2015. – № 1 (33). – С. 9–14.

13. Canisius, T. D. Robustness of structural systems – a new focus for the joint committee on structural safety / T. D. Canisius // Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering: proceedings of the 10th International Conference, Held in Tokyo, Japan, 31 July – 3 August 2007. – London, 2007. – P. 8.

14. Song, B. I. Progressive collapse testing and analysis of a steel frame building / B. I. Song, K. A. Giriunas, H. Sezen // Journal of Constructional Steel Research. – 2014. – Vol. 94. – P. 76–83.

15. Gerasimidis, S. A new partial-distributed damage method for progressive collapse analysis of steel frames / S. Gerasimidis, J. Sideri // Journal of Constructional Steel Research. – 2016. – Vol. 119. – P. 233–245.

16. Progressive collapse analysis of power transmission towers / B. Asgarian, S. D. Eslamlou, A. E. Zaghi, Masoud Mehr // Journal of Constructional Steel Research. – 2016. – Vol. 123. – P. 31–40.

17. Kurrer, Karl-Eugen. The History of the Theory of Structures: From Arch Analysis to Computational Mechanics / Karl-Eugen Kurrer // European Journal of Environmental and Civil Engineering. – 2009. – № 13(3). – P. 369–370.

18. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : свод правил : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : актуализированная редакция СНиП II-23-81* : дата введения 28 августа 2017 г. – Москва : Минстрой России, 2017. – 145 с. – Текст : непосредственный.

TRYANINA Nadezhda Yur'yevna, candidate of technical sciences, professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; SAMOKHVALOV Ivan Aleksandrovich, assistant of the department of building structures; OBLET OV Evgeniy Nikolaevich, assistant of the chair of theory of structures and technical mechanics

RESEARCH ON SURVIVABILITY OF V. G. SHUKHOV'S MESH HYPERBOLOID TOWER

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya, St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: evg.obletov@gmail.com, nadial2005@mail.ru

Key words: mesh hyperboloid tower, survivability, static calculation, dynamic calculation, stability calculation, potential energy, destruction.

The article carries out a numerical calculation of a mesh hyperboloid tower for survivability under conditions of failure of individual load-bearing elements of the system as a result of emergency action in static and dynamic formulations. Calculation for stability is carried out with the determination of the safety factors. Four variants of emergency impact are considered.

REFERENCES

1. General Services Administration Washington. DC Draft. Progressive Collapse Analysis Draft, Progressive Collapse Analysis Office Buildings and Major Modernization Projects. – Washington, 2003.

2. Starossek U. Progressive collapse nomenclature. Struct. Eng. Int. 2009. P. 1886–1895.

3. Pujol S., Smith-Pardo J. P. A new perspective on the effects of abrupt column removal / Engineering Structures. – 2009. – № 31. – P. 869–874.



4. Wald F. Benchmark cases for advanced design of structural steel connections.– Praaga: Czech Technical University, 2016, 187 p.
5. Abruzzo J., Matta A., Panariello G. Study of mitigation strategies for progressive collapse of a reinforced concrete commercial building. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. –2006. – № 20920(4). – P. 384–390.
6. Perelmuter A. V. Izbrannye problem nadyozhnosti i bezopasnosti stroitelnykh konstruktсий [Selected issues of reliability and safety of building structures]. Moscow. ASV, 2011. 256 p.
7. Grachyov V. Yu., Vershinina T. A., Puzatkin A. A. Neproportsionalnoe razrushenie. Svravnenie metodov raschyota [Disproportionate destruction. Comparison of calculation methods]. Ekaterinburg: Izd-vo «Azhur», 2010. 81 p.
8. Belostotsky A. M. Chislennoe modelirovanie v ekspertnykh issledovaniyakh prichin obrusheniya i lokalnogo razrusheniya konstruktсий bolsheprolyotnykh zdaniy [Numerical modeling in expert studies of the causes of collapse and local destruction of structures of large-span buildings]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2008. Vol. 4. Issue 2. P. 26–27.
9. Bruce R. Ellingwood, Robert S., Donald O. Dusenberry, Dat D., Lew H. S. Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings. U. S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology (William A. Jeffrey, Director). 2007, 214 p.
10. Agnew E., Marjanishvili S. Dynamic analysis procedures for progressive collapse// *Structure Magazine*. 2006. P. 24–27.
11. Vlassis A., Izzuddin B., Elghazouli A., Nethercot D. Progressive collapse of multi-storey buildings due to failed floor impact. *Engineering Structures*. – 2009. – № 31 (7). – P. 1308–1318.
12. Testodov P. S., Tryanina N. Yu. Issledovanie voprosov zhivuchesti stalnykh setchatykh pokrytiy [Investigation of the survivability of steel mesh coating]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]*, Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit.un-t. Nizhny Novgorod. 2015, № 1(33). – С. 9–14.
13. Canisius T. D. Robustness of structural systems – a new focus for the joint committee on structural safety. Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, proceedings of the 10th International Conference, Held in Tokyo, Japan, 31 July – 3 August 2007. – London, 2007. P. 8.
14. Song B. I., Giriunas K. A., Sezen H. Progressive collapse testing and analysis of a steel frame building. *Journal of Constructional Steel Research*, 2014, vol. 94. P. 76–83.
15. Gerasimidis S., Sideri J. A new partial-distributed damage method for progressive collapse analysis of steel frames. *Journal of Constructional Steel Research*. 2016, vol. 119. P. 233–245.
16. Asgarian B., Eslamlou S. D., Zaghi A. E., Mehr M. Progressive collapse analysis of power transmission towers. *Journal of Constructional Steel Research*, 2016, vol. 123. P. 31–40.
17. Karl-Eugen Kurrer. The History of the Theory of Structures: From Arch Analysis to Computational Mechanics. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. – 2009. – № 13(3). – P. 369–370.
18. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruktсии [Steel structures]: aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81*: s popravkoy (IUS № 10-2018). Vvedyon 2017-08-28. – Moscow: TsPP, 2017, 173 p.

© Н. Ю. Трянина, И. А. Самохвалов, Е. Н. Облетов, 2021

Получено: 28.12.2020 г.



УДК 69.059+(624.15:728.2)

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

ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ОСНОВАНИЯ МОНОЛИТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ ТОРГОВОГО ПАВИЛЬОНА

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

Ключевые слова: усиление грунтового основания, деформируемость искусственного основания, испытания штампом, компьютерное моделирование.

Приведены результаты исследований деформируемости искусственного основания монолитной железобетонной фундаментной плиты проектируемого торгового павильона.

Торговый павильон № 1 на Базарной площади в городе Павлово в Нижегородской области представляет собой 2-этажное здание размерами в плане 26×50 м с несущими конструкциями в виде полного металлического каркаса с шагом поперечных металлических рам от 3,0 до 7,0 м (рис. 1, 2). Ограждающие конструкции павильона из сэндвич-панелей толщиной 150 мм, крепящиеся к несущему каркасу. Перекрытие первого этажа из сборных железобетонных панелей с круглыми пустотами, покрытие из профнастила с утеплителем.

Участок, отведенный под строительство павильона, ровный, с небольшим уклоном в сторону реки Оки. Инженерно-геологическими изысканиями, выполненными ООО «ВСК», установлено, что в геологическом строении территории принимают участие (рис. 1–3 цв. вклейки):

- **современные отложения** (tQ_{II}), представленные насыпными грунтами мощностью от 3,4 до 11,5 м (засыпанные карстовые провалы) с включениями строительного мусора в виде обломков глиняного кирпича, бетона и бутового камня, в отдельных интервалах с примесью органического вещества;

- **верхнечетвертичные делювиальные покровные отложения** (dQ_{III}), представленные суглинками тугопластичными, залегающими под насыпью с глубины от 3,4 до 11,0 м – мощность отложений от 0,0 до 2,2 м, а с глубины от 5,6 до 15,0 м – суглинками мягкопластичными мощностью от 3,5 до 6,1 м;

- **отложения татарского яруса верхней перми** (P_2t), представленные красно-коричневыми глинами от твердой до полутвердой, с прослоями гипса, вскрытой мощностью от 2,6 до 4,5 м.

Уровень грунтовых вод переменный, характеризуется сезонными колебаниями. На период изысканий грунтовые воды были вскрыты на глубинах от 1,2 до 5,6 м.

В инженерно-геологических разрезах участка, отведенного под строительство, были выделены 4 инженерно-геологических элемента ИГЭ (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики физико-механических свойств грунтов

Номер ИГЭ	Наименование ИГЭ	Расчетные значения			
		γ_{II} , кН/м ³	C_{II} , кПа	φ_{II} , градус	E, МПа
1	Насыпь	19,8			
2	Суглинок тугопластичный	19,7	21	20	12
3	Суглинок мягкопластичный	17,8	20	18	11
4	Глина от твердой до полутвердой	17,8	62	20	32

На территории рынка выделены участки II и III категории по карстоопасности, при этом большая часть территории соответствует II категории. Наиболее вероятный прогнозируемый диаметр провалов от 3 до 7 м. В целом же инженерно-геологические условия территории застройки относятся к III категории сложности [1].

Из нескольких возможных вариантов устройства основания и фундаментов для павильона был выбран фундамент в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 600 мм, опирающейся на искусственное цементно-грунтовое основание, полученное в результате нагнетания в насыпь цементного раствора в режиме гидроразрыва под давлением 0,7–2,0 МПа, что позволяет существенно повысить плотность основания и соответственно улучшить его прочностные, деформационные и противофильтрационные свойства [2–4]. В этом случае усиление грунтового основания происходит как за счет уменьшения пористости насыпи в результате более плотной упаковки твердых частиц грунта и обломков строительных материалов, так и за счет образования жестких массивных включений из схватившегося раствора, заполняющего как полости, имеющиеся в насыпи, так и полости, образующиеся в слабых зонах насыпного основания (на участках меньшей плотности, большей влажности, с большим включением органических веществ) в результате гидравлического разрыва при нагнетании раствора под высоким давлением.

Цель выполненных авторами исследований – поиск наиболее экономичного и вместе с тем надежного решения по усилению грунтового основания за счет уплотнения насыпи не на всю ее толщину. Для определения достаточной глубины уплотнения насыпи для расчетной схемы, представленной на рис. 2, с помощью программно-вычислительной системы «SCAD Office» и программы «КРОСС» были выполнены расчеты фундаментной плиты: 1) опирающейся на насыпь и 2) опирающейся на цементно-грунтовое основание толщиной 2, 4 и 6 м (рис. 4–9 цв. вклейки) с удельным весом цементно-грунтового композитного материала $\gamma_{II} = 19 \text{ кН/м}^3$ и модулем деформации $E = 15 \text{ МПа}$, принятым по результатам исследований, приведенным в работе [4].



Рис. 1. Здание торгового павильона на Базарной площади в городе Павлово

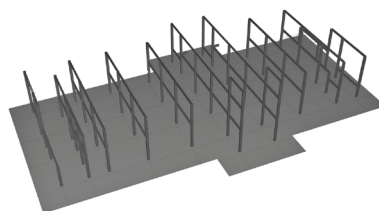


Рис. 2. Расчетная схема несущего металлического каркаса торгового павильона

В результате анализа результатов выполненных расчетов было принято решение об уплотнении грунтового основания на глубину 6 м от уровня подошвы фундаментной плиты с формированием под ней жесткого цементно-грунтового массива.

Весьма важной проблемой, требующей решения при разработке проектов усиления грунтовых оснований любым из известных способов, является предварительная оценка эффективности проектных решений до начала производства работ [5]. Результаты таких исследований при необходимости могут быть использованы для корректировки проекта усиления грунтового основания за счет корректировки длины инъекторов, давления нагнетания, состава нагнетаемого раствора и величины «отказа» при нагнетании раствора.

Для определения модуля деформации цементно-грунтового массива, необходимого для расчетов системы «здание – фундаментная плита – цементно-грунтовое основание», авторами было предложено до начала массового нагнетания раствора выполнить на опытных участках испытания искусственного основания штампами в соответствии с ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости». Для этого была разработана методика выполнения экспериментальных исследований на опытных участках штампами, в том числе и для испытаний цементно-грунтовых массивов, армированных неизвлекаемыми инъекторами (рис. 3, 4). В соответствии с разработанными рекомендациями испытания выполнялись последовательно после обработки и анализа результатов предыдущего испытания, при необходимости корректируя глубину или давление нагнетания или состав раствора на очередном опытном участке.

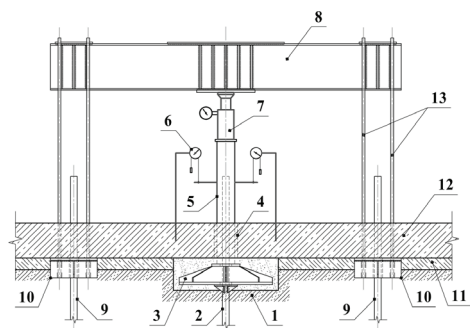


Рис. 3. Конструкция установки для испытаний цементно-грунтового основания штампом: 1 – грунтовое основание, уплотненное нагнетанием цементного раствора; 2 – инъектор; 3 – штамп; 4 – металлическая гильза; 5 – шток из стальной трубы; 6 – прогибомеры; 7 – гидравлический домкрат; 8 – упорная балка; 9 – упорная анкерная плита; 10 – бетонная подготовка; 11 – железобетонная упорная плита; 12 – анкера

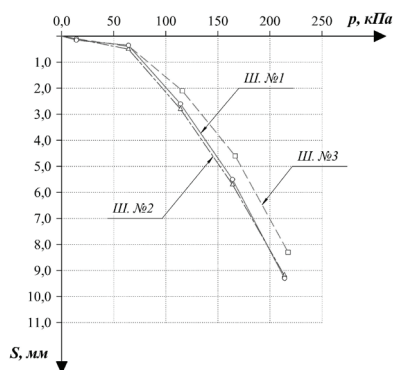


Рис. 4. Кривые № 1 и № 2 построены по результатам штамповых испытаний цементно-грунтового основания на опытных участках под фундаментной плитой. Кривая № 3 построена по результатам испытаний цементно-грунтового основания, «армированного» трубчатым инъектором

На строительстве павильона работы по устройству системы «цементно-грунтовый массив – фундаментная плита» выполнялись в следующей последовательности (рис. 3 и рис. 10 цв. вклейки): 1) отрывка котлована; 2) установка на опытных участках в специально выполненные приямки металлических штампов, предназначенных для контрольных испытаний цементно-грунтового основания; 3) устройство монолитной железобетонной фундаментной плиты с отвер-

К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА
«ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ИСКУССТВЕННОГО
ОСНОВАНИЯ МОНОЛИТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ
ПЛИТЫ ТОРГОВОГО ПАВИЛЬОНА»

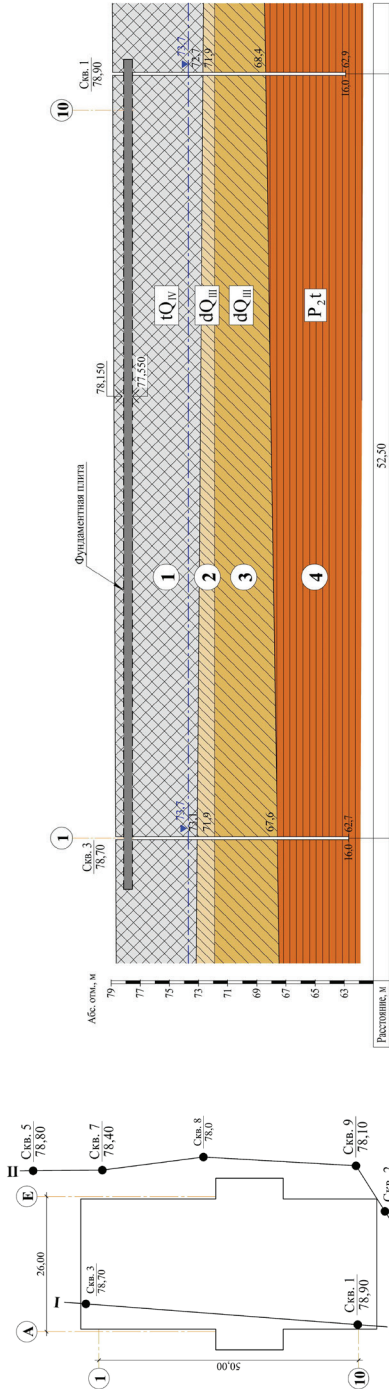


Рис. 1. Схема расположения скважин

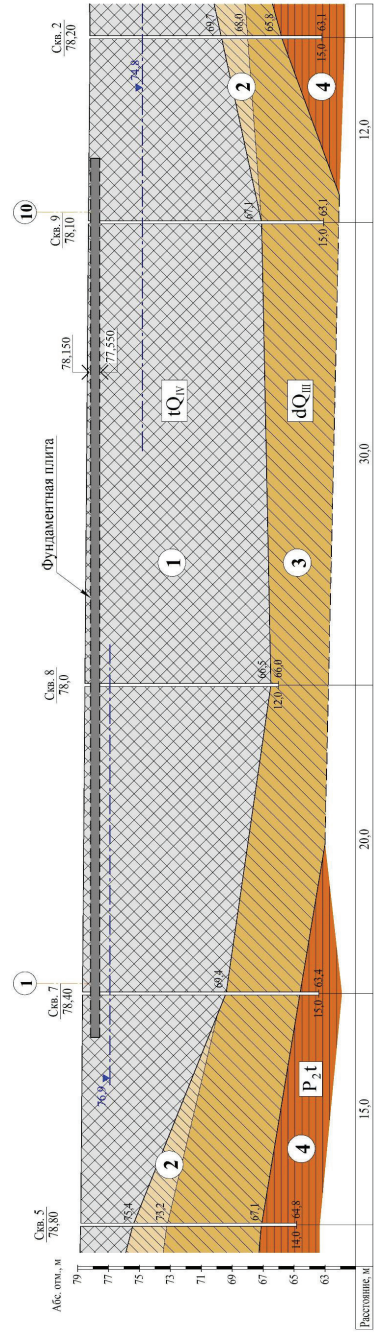


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез I-I

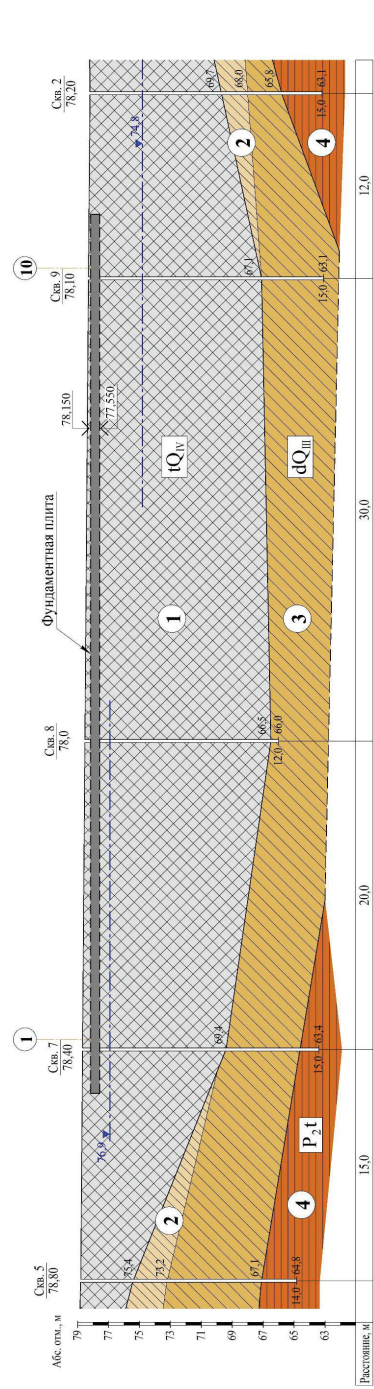


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез II-II

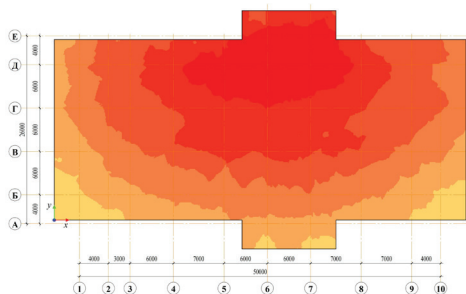


Рис. 4. Насыпь ($E = 1,5$ МПа). Осадка фундаментной плиты «Z». Расчетные величины осадок: минимальная осадка – 12 мм, максимальная – 126 мм, средняя – 74 мм. Величина среднего давления под плитой $P_{\Pi} = 39$ кПа

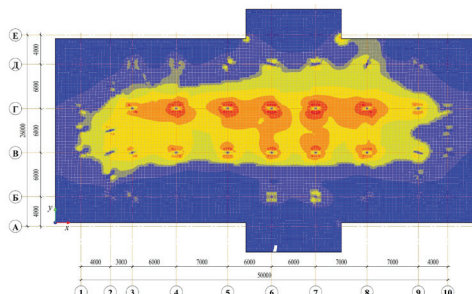


Рис. 5. Насыпь ($E = 1,5$ МПа). Карта нижнего армирования фундаментной плиты по оси «Y». Требуемая площадь рабочей арматуры от $7,46 \text{ см}^2/\text{м}$ (5Ø14) до $59,53 \text{ см}^2/\text{м}$ (5Ø40)

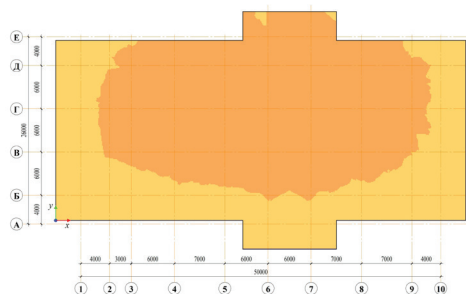


Рис. 6. Цементно-грунтовое основание толщиной 6 м ($E = 15$ МПа). Осадка фундаментной плиты «Z». Расчетные величины осадок: минимальная осадка – 2 мм, максимальная – 29 мм, средняя – 17 мм

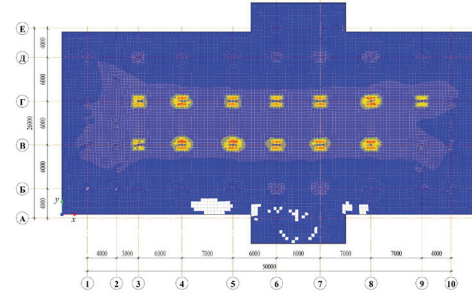


Рис. 7. Цементно-грунтовое основание толщиной 6 м ($E = 15$ МПа). Карта нижнего армирования фундаментной плиты по оси «Y». Требуемая площадь рабочей арматуры от $4,73 \text{ см}^2/\text{м}$ (5Ø12) до $9,45 \text{ см}^2/\text{м}$ (5Ø16)

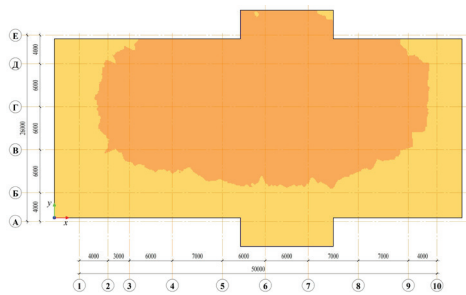


Рис. 8. Цементно-грунтовое основание толщиной 6 м ($E = 42$ МПа). Осадка фундаментной плиты «Z». Расчетные величины осадок: минимальная осадка – 1,4 мм, максимальная – 23 мм, средняя – 13 мм

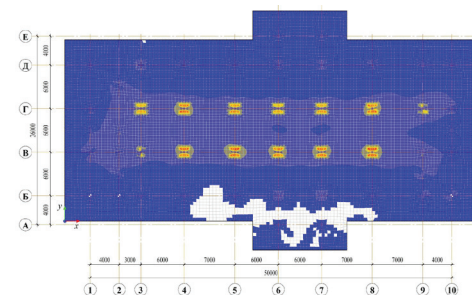


Рис. 9. Цементно-грунтовое основание толщиной 6 м ($E = 42$ МПа). Карта нижнего армирования фундаментной плиты по оси «Y». Требуемая площадь рабочей арматуры от $4,43 \text{ см}^2/\text{м}$ (5Ø12) до $8,85 \text{ см}^2/\text{м}$ (5Ø16)

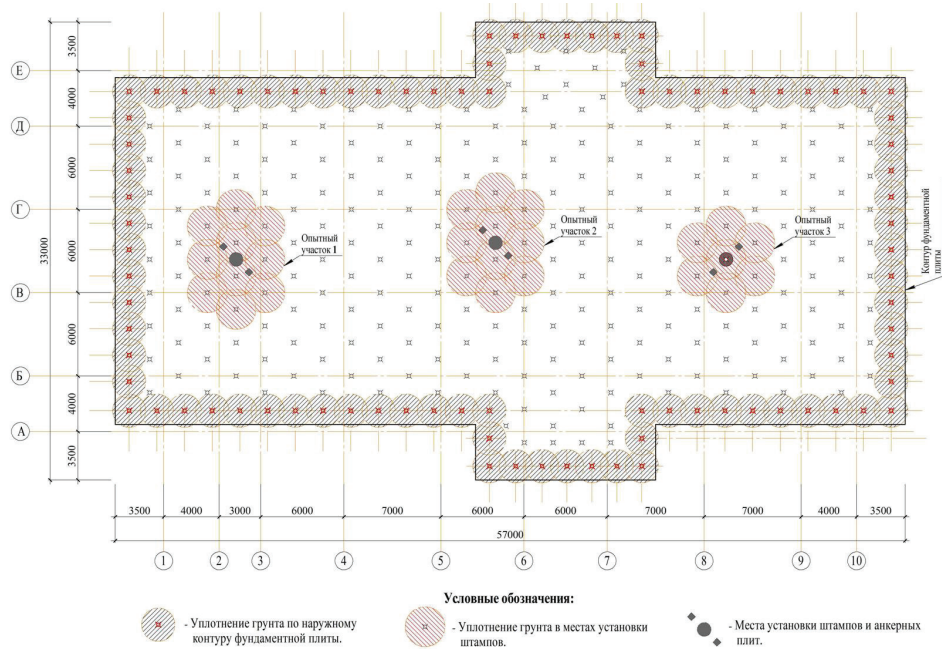


Рис. 10. Схема расположения инъекторов, ограждающего контура, опытных участков и штампов

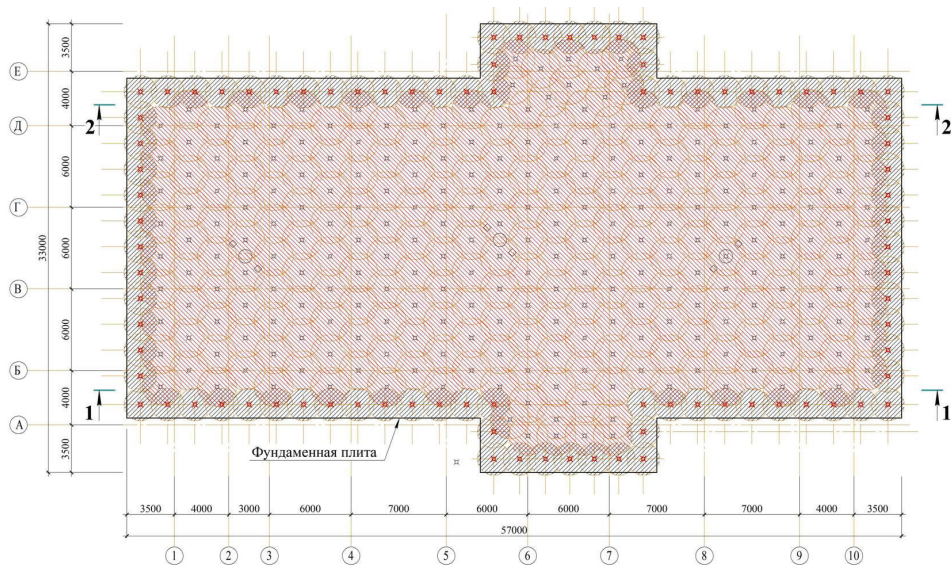


Рис. 11. Схема улотнния грунтового основания

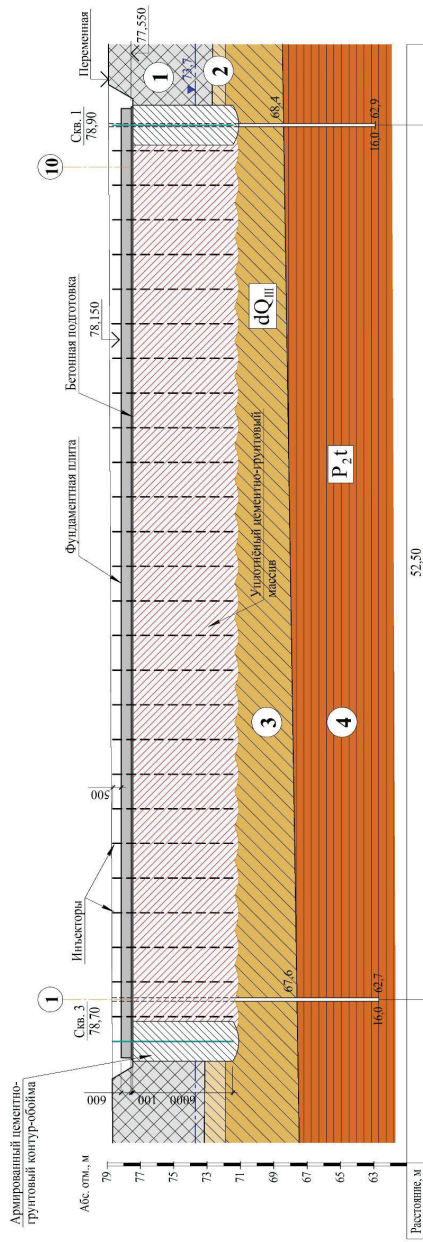


Рис. 12. Монолитная железобетонная фундаментная плита на цементно-грунтовом основании. Разрез 1-1

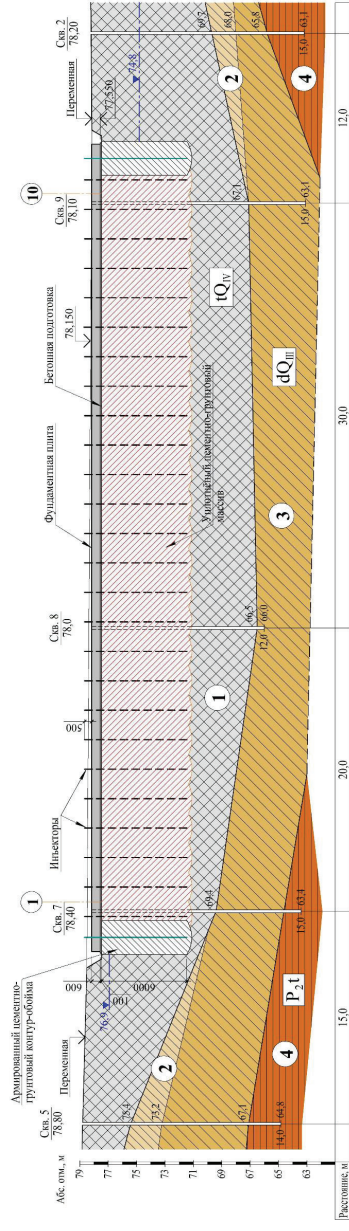


Рис. 13. Монолитная железобетонная фундаментная плита на цементно-грунтовом основании. Разрез 2-2



ствиями в ней, предназначенными для погружения в насыпь инъекторов; 4) установка в проектное положение инъекторов и нагнетание цементного раствора на опытных участках; 5) испытания штампами цементно-грунтового основания на опытных участках; 6) установка инъекторов и нагнетание раствора в насыпное основание по периметру фундаментной плиты и образование таким образом вертикального экрана, предотвращающего выпирание из-под плиты грунта и раствора при его массовом нагнетании на завершающем этапе производства работ (рис. 10, 11 цв. вклейки).

По результатам испытаний штампами, выполненных на трех опытных площадках, было установлено (рис. 4):

1) Среднее значение модуля деформации цементно-грунтового основания равно 42 МПа при расчетном давлении под фундаментной плитой, не превышающем 50 кПа.

2) Армирующий эффект от неизвлекаемых из грунта металлических трубчатых инъекторов на деформируемость цементно-грунтового основания при сжатии незначителен.

3) Испытания штампами позволяют получить наиболее достоверные значения характеристик деформируемости цементно-грунтовых массивов, представляющих собой композицию из уплотненного грунта и твердых массивов схватившегося раствора, по сравнению с исследованиями электродинамическим или статическим зондированием [5–7].

В результате компьютерного моделирования системы «здание – фундаментная плита – цементно-грунтовое основание» было установлено следующее:

1. Использование насыпи в качестве основания для строящегося здания торгового павильона недопустимо (рис. 4, 5 цв. вклейки).

2. Наиболее рациональным вариантом усиления насыпного грунтового основания торгового павильона является цементация в режиме гидроразрыва на глубину 6 м под фундаментной плитой (рис. 6–9 цв. вклейки).

3. Использование цементации в режиме гидроразрыва позволило: 1) существенно снизить как абсолютные значения осадки основания и опирающегося на него здания; 2) снизить неравномерность осадки за счет более равномерного распределения давления от здания на подстилающие грунты, не подвергшиеся уплотнению; 3) существенно снизить количество арматуры в фундаментной плите; 4) улучшить противопожарную защиту здания за счет создания под фундаментной плитой жесткой цементно-грунтовой плиты.

Результаты исследований, выполненных на участке строительства торгового павильона в городе Павлово, были использованы авторами в разработке проекта усиления насыпного грунтового основания аварийного 7-этажного жилого дома [8–10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ : дата введения 01.03.1998 / Госстрой России. – Москва, 1998. – 43 с. – Текст : непосредственный.
2. Шве́ц, В. Б. Усиление и реконструкция фундаментов / В. Б. Шве́ц, В. И. Феклин, Л. К. Гинзбург. – Москва : Стройиздат, 1985. – 240 с. – Текст : непосредственный.
3. Осипов, В. И. Уплотнение и армирование слабых грунтов методом «Геокомпозит» / В. И. Осипов, С. Д. Филимонов. – Текст : непосредственный // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2002. – № 5. – С. 15–21.
4. Укрепление грунтов методом «Геокомпозит» : по материалам редакции. – Текст :



непосредственный // Стройпрофиль. – 2006. – № 3. – С. 14–18.

5. СП 45.13330.2017. Земляные сооружения, основания и фундаменты : актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 : дата введения 28.08.17 / Минстрой России. – Изд. офиц. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 136 с. : ил. – (Свод правил). – Текст : непосредственный.

6. Руководство по электроконтактному динамическому зондированию грунтов / ВНИИ транспортного строительства. – Москва, 1983. – 184 с. – Текст : непосредственный.

7. Инженерные изыскания для строительства. – URL: <https://www.egeology.ru>. – Текст : электронный.

8. Григорьев, Ю. С. Усиление грунтового основания и фундаментной плиты жилого дома, построенного на участке с засыпанным отвершком оврага / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. Нижний Новгород, 2018. – № 2. – С. 17–23.

9. Grigor'ev, Yu. S. Reasons for deformation and failure of the structural units of an apartment building on a slopeside site / Yu. S. Grigor'ev, V. V. Fateev // Soil Mechanics and Foundation Engineering / Springer Science+Business Media. – New York, 2017. – Vol. 54, № 5. – P. 318–323.

10. Григорьев, Ю. С. Верификация и валидация геомеханической модели грунтового основания деформирующегося здания / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 3. – С. 16–22.

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

RESEARCH OF THE DEFORMABILITY OF THE ARTIFICIAL BASE OF A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FOUNDATION PLATE OF A TRADE PAVILION

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

Key words: strengthening of ground base, deformability of artificial base, stamp tests, computer modeling.

The article presents the research results of the deformability of the artificial base of the monolithic reinforced concrete foundation plate of a trade pavilion under design.

REFERENCES

1. СП 11-105-97. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitelstva. Chast I. Obschie pravila proizvodstva rabot [Engineering geological site investigations for construction. Part I. General rules of works] : data vvedeniya 01.03.1998 / Gosstroy Rossii. Moscow. 1998, 43 p.

2. Shvets V. B., Feklin V. I., Ginzburg L. K. Usilenie i rekonstruktsiya fundamentov [Strengthening and reconstruction of foundations]. Moscow. Stroyizdat, 1985, 240 p.

3. Osipov V. I., Filimonov S. D. Uplotnenie i armirovanie slabykh gruntov metodom «Geokompozit» [Compaction and reinforcement of weak soils by the "Geocomposite" method]. Osnovaniya, fundamente i mekhanika gruntov [Mechanics and Foundation Engineering]. 2002. № 5. P. 15–21.

4. Ukreplenie gruntov metodom «Geokompozit» [Strengthening soils by the "Geocomposite" method] : po materialam redaktsii. Stroyprofil. 2006. – № 3. P. 14–18.

5. СП 45.13330.2012. Zemlyanye sooruzheniya, osnovaniya i fundamente [Earthworks,



grounds and footings]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 3.02.01-87, data vved. 28.08.17. Minstroy Rossii. Izd. ofits. Moscow. Standartinform, 2017, 136 p.: il. (svod pravil).

6. Rukovodstvo po elektrokontaktному динамическому зондированию грунтов [Manual of electro dynamic sensing of soils]. VNIИ transportnogo stroitelstva. Moscow. 1983, 184 p.

7. Inzhenernye izyskaniya dlya stroitelstva [Engineering surveys for construction]. – URL: <https://www.egeology.ru>.

8. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Usilenie gruntovogo osnovaniya i fundamentnoy plity zhilogo doma, postroennogo na uchastke s zasypannym otvershkom ovraga [Strengthening the foundation bed and foundation plate of a residential building built on a site with a filled up offshoot of a ravine]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 2. P. 17–23.

9. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Reasons for deformation and failure of the structural units of an apartment building on a slopeside site / Soil Mechanics and Foundation Engineering / Springer Science+Business Media. – New York, 2017. – Vol. 54. № 5. – P. 318–323.

10. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya i validatsiya geomekhanicheskoy modeli gruntovogo osnovaniya deformiruyuschegosya zdaniya [Verification and validation of a geomechanical model of the soil basis of a deforming building]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 3. P. 16–22.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2021

Получено: 11.01.2021 г.

УДК 624.012.45

А. Э. ГУНДЕРЧУК, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики; Б. Б. ЛАМПСИ, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой теории сооружений и технической механики

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «СТЕНА В ГРУНТЕ» С РАЗРАБОТКОЙ ТРАНШЕИ ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННЫМ СПОСОБОМ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТОРГОВО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА НА ПЛОЩАДИ ГОРЬКОГО В Г. НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ (ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И РАСЧЕТ)

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;
эл. почта: marcinho25@list.ru, lampsi@yandex.ru

Ключевые слова: «стена в грунте», гидромеханизированный способ, гидрофреза, глинистый раствор, бентонит, подземная автостоянка.

Обоснована целесообразность проектирования и сооружения наружных ограждающих железобетонных конструкций ТРК на площади Горького в г. Нижнем Новгороде в условиях застроенной территории методом «стена в грунте» с разработкой траншеи гидромеханизированным способом.

Введение. Основными факторами определения геометрических размеров подземного торгового-рекреационного комплекса с подземными автостоянками (ТРК) на площади Горького в г. Нижнем Новгороде в условиях застроенной территории нагорной части города являются: инженерно-геологические условия в районе сооружения; схема размещения и планировка коммерческих помещений:



схема размещения парковочных мест; схема размещения внутренних инженерных коммуникаций и систем обслуживания; технология производства работ по сооружению комплекса.

Геометрические размеры проектируемого объекта в плане 192×96 м.

Подземное сооружение включает в себя 4 подземных уровня: верхний уровень – собственно ТРК и три нижних уровня – подземные автостоянки.

Площади многоуровневой парковки позволяют обеспечить расчетное число парковочных мест для размещения на одном уровне – 548, а на трех уровнях – 1644 автомобилей.

Конструкции каркаса представляет собой прямоугольную призму с размерами в плане 192×96 м и высотой 21 м.

Основной ограждающей наружной несущей конструкцией каркаса служит сплошная периметральная «стена в грунте» из монолитного железобетона, которая и выполняется в первую очередь.

Сущность способа заключается в создании сплошной монолитной стены в узкой глубокой траншее, закрепленной глинистым раствором. Толщина стены составляет 900 мм при глубине траншеи 30 метров. Бетонирование осуществляется подводной укладкой бетонной смеси методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) [1, 2].

Сплошная железобетонная стена с глинистой коркой, образовавшейся со стороны наружной стенки траншеи, создает водонепроницаемую конструкцию, а с внутренней стороны дополнительно предусматривается устройство металлической гидроизоляции, учитывая необходимость обеспечения водонепроницаемости помещений торгово-рекреационного комплекса с подземными автостоянками.

Характерной особенностью монолитной «стены в грунте» является ее расчленение в вертикальной плоскости на отдельные секции, не связанные между собой. Это обусловлено технологией строительства, предусматривающей разработку траншей и возведение стен отдельными захватками, что исключает возможность непрерывного горизонтального армирования стен.

Ширина захватки определяется характеристиками землеройных механизмов и возможностями бетоноукладочного оборудования и составляет 3,0 метра, а в среднем допускается в пределах от 2,0 до 5,0 м. Захватки вскрываются через одну в шахматном порядке. Подобная технология производства работ исключает попадание бетона в соседнюю захватку. По мере разработки грунта в траншею подается глинистый раствор, удерживающий стенки от обрушения. Оставшиеся между захватками первой очереди грунтовые целики разрабатываются после бетонирования участков стены в пределах захваток первой очереди [1, 2, 3].

Для сопряжения участков монолитной стены между собой устраиваются нерабочие стыки, в этом случае стена работает на изгиб только в вертикальной плоскости, и в стыках не возникают растягивающие усилия и напряжения [1, 2].

Технологический цикл сооружения ограждения по периметру всего торгово-рекреационного комплекса с подземными автостоянками в виде сплошной «стены в грунте» состоит из следующих операций: устройство пионерной траншеи; установка инвентарной металлической форшахты; разработка грунта в траншее под защитой раствора бентонитовой глины; установка ограничителей; монтаж арматурного каркаса; бетонирование траншеи методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) [1, 2, 3].

Технологическая схема возведения стен подземного сооружения в траншеях под глинистым раствором представлена на рис. 1.

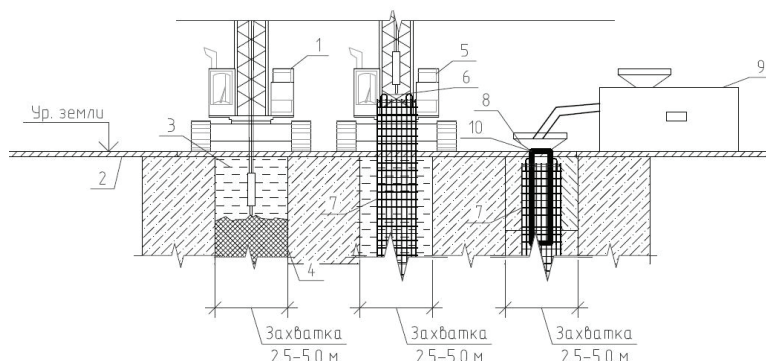


Рис. 1. Технологическая схема возведения стен подземного сооружения в траншеях под глинистым раствором. Этапы работ: I – разработка грунта под глинистым раствором; II – опускание разделительных элементов; III – установка арматуры; IV – бетонирование и извлечение разделительных элементов. Применяемые машины, механизмы, оборудование: 1 – стреловой кран с гидрофрезой; 2 – инвентарная металлическая форшахта пионерной траншеи; 3 – глинистый (бentonитовый) раствор; 4 – разрабатываемый грунт; 5 – стреловой кран; 6 – траверса для монтажа арматурного каркаса; 7 – арматурный каркас; 8 – приемная воронка; 9 – бетононасос; 10 – бетонолитная труба; 11 – разделительный элемент

Работа начинается с устройства пионерной траншеи, устанавливается инвентарная металлическая форшахта, затем производится разработка и выемка грунта, траншея при этом заполняется раствором бентонитовой глины, а извлеченная смесь грунта и раствора поступает на очистку.

Бентонитовая суспензия, производимая установкой для смешивания и перекачивания бентонита, нагнетается в траншею для удержания стенки от обрушения [1, 2, 3].

В процессе разработки грунта гидрофрезой бентонитовый раствор постоянно вытекает из траншеи в окружающий массив грунта. Расход бентонитового раствора достигает 2,5 литра на квадратный метр поверхности стенки траншеи в час (максимум $12,5 \text{ л} \times \text{м}^2/\text{ч}$). Система гидротранспортировки бентонита состоит из сепарирующей установки, погружного электронасосного агрегата, двух питающих насосов и необходимых транспортных и питающих трубопроводов.

Установленный расходомер следит за потоком транспортного трубопровода.

Для обслуживания бентонитовой установки постоянно необходимы 2 человека. Учитывая огромную ответственность этого комплекса работ, требования по обеспечению контроля давления и расхода раствора в процессе сооружения «стены в грунте», этот комплекс работ находится под особым контролем.

Грунт в траншее разрабатывается гидромеханизированным способом специализированным землеройным оборудованием с гидрофрезой, в этом случае необходима обязательная обратная циркуляция глинистого раствора с его очисткой от шлама.

После выемки грунта на захватке до проектной глубины в траншею опускаются разделительные элементы-ограничители, монтируется арматурный каркас, и траншея бетонируется методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ). Совместная работа соседних захваток «стены в грунте» обеспечивается конструкцией стыков между ними вдоль траншеи, с помощью которых достигается равнопрочность и водонепроницаемость соединения отдельных захваток.

Сущность метода вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) заключается в непрерывной подаче бетонной смеси самотеком через постепенно поднимаю-



щуюся бетонолитную трубу диаметром 325 мм при условии заглубления ее конца в бетонную смесь не менее, чем на два метра. Темп бетонирования составляет 20,0 м³/ч, а скорость подъема бетонной смеси жестко регламентируется и составляет 3,0 м/ч [2].

При производстве работ необходимо строго выполнять мероприятия по охране окружающей среды. После окончания всех работ в обязательном порядке выполняются: рекультивация, озеленение и благоустройство территории строительства.

Особые указания по производству основных работ. Армирование стен осуществляется каркасами. В арматурный каркас, кроме продольных вертикальных рабочих стержней и поперечной горизонтальной арматуры, со сторон, обращенных к стенам траншеи, устанавливают фиксаторы, обеспечивающие необходимый защитный слой бетона.

Арматурные каркасы выполняются на секцию-захватку стены.

Для установки бетонолитных труб в армокаркасах предусматривается устройство вертикальных полостей, обеспечивающих их свободный подъем и опускание.

Захватка, подготовленная к бетонированию, сдается по акту.

Перед началом бетонирования из труб удаляется бентонитовая суспензия.

При бетонировании необходимо выполнять следующие условия:

– бетонолитная труба по всей высоте должна быть заполнена бетонной смесью; нижний конец бетонолитной трубы должен быть заглублен в бетонную смесь не менее, чем на 2,0 метра [2];

– перерывы в бетонировании недопустимы; глинистая бентонитовая суспензия, вытесняемая бетонной смесью из захватки, отводится в запасную емкость для повторного использования.

Численность бригады представлена в табл. 1.

Таблица 1

Состав бригады на 1 смену

Но- мер	Профессии рабочих, занятых на объекте	Квалификация и разряд	Выполняемые операции
1	Машинист авто- мобильного крана Электросварщик Такелажник, монтажник	5 разряд – 1 чел. 5 разряд – 1 чел. 3 разряд – 2 чел.	Установка инвентарной металлической форшахты Работа с гидрофрезой Монтаж арматурного каркаса, установка ограничителей Погрузо-разгрузочные работы
2	Машинист установки с гидрофрезой	5 разряд – 1 чел.	Разработка грунта в траншее под защитой раствора бентонитовой глины
3	Проходчик Проходчик	5 разряд – 1 чел. 4 разряд – 1 чел.	Бетонирование траншеи методом вертикально перемещающейся трубы (ВИТ)
4	Оператор бентонито- вой установки Помощник оператора бентонитовой уста- новки	5 разряд – 1 чел. 4 разряд – 1 чел.	Обслуживание бентонитовой установки и загрузка миксера Управление нагнетанием: – контроль давления и расхода раствора; – контроль процесса подачи бентонитового раствора в траншею. Регулярная очистка и промывка оборудования Техническое обслуживание установки
5	Маркшейдер	Специалист высшей категории – 1 чел.	Постоянный контроль: – положения инвентарной металличе- ской форшахты и арматурного каркаса; – геометрических размеров траншеи; – положения вертикальной оси



Всего состав бригады на одну смену – 10 человек.

Интенсивность производства работ. Скорость подъема бетонной смеси в траншее жестко регламентируется условиями обеспечения требуемого качества внешней ограждающей конструкции внутренних помещений торгово-рекреационного комплекса с подземными автостоянками в виде сплошной «стены в грунте» и составляет 3,0 м/ч.

Указанным выше требованием определяется оптимальная интенсивность бетонирования 20,0 м³/ч [2].

Общая продолжительность выполнения работ по возведению 1 захватки ограждающей железобетонной конструкции, сооружаемой методом «стена в грунте», составляет 5 рабочих смен или 5 смен×8 ч = 40 часов.

Календарный график производства работ по возведению ограждающей железобетонной конструкции, сооружаемой методом «стена в грунте», представлен в табл. 2.

Таблица 2

Календарный график производства работ по возведению ограждающей железобетонной конструкции, сооружаемой методом «стена в грунте» (ширина захватки – 3,0 м, толщина стены – 0,9 м при глубине траншеи – 30 м)

Но- мер	Наименование работ	Ед. изм	Объем работ	Основные машины и меха- низмы		Дни					
				Наименование, марка, характеристика	Кол- во	1		2			
						Рабочие смены по 8 часов					
						1	2	3	4	5	6
1	Устройство пионерной траншеи, установка инвентарной металлической форшахты	т	5,0	Автомобильный кран КС 55733- 1 г/п 32 т	1						
2	Разработка грунта в траншее под защитой раствора бентонитовой глины	м³	81,0	Установка с гидрофрезой «Casagrande», повешенной к автомобильному крану «Liebherr», г/п 70 т 20,0 м³/ч	1						
3	Установка ограничителей	т	1,0	Автомобильный кран КС 55733- 1 г/п 32 т	1						
4	Монтаж арматурного каркаса	т	8,1	Автомобильный кран «Liebherr» LTM 1070 -4.2 г/п 70 т	1						
5	Бетонирование траншеи методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ)	м³	81,0	Автомобильный кран КС 55733-1 г/п 32 т	1						

Основные исходные данные для расчета наружной ограждающей железобетонной конструкции, сооружаемой методом «стена в грунте», определяются на основании детального анализа инженерно-геологических и гидрогеологических условий строительства.

Расчет выполняется, как правило, только на эксплуатационные нагрузки, учитывая, что именно в период эксплуатации конструкция окажется в более напряженном состоянии, чем на этапе возведения [4, 5].

Конструкция «стена в грунте» рассчитывается по прочности, деформациям и трещиностойкости. «Стена в грунте» проверяется на действие бокового давления грунта и гидростатического давления [4, 5].

Расчет «стен в грунте» на изгиб в поперечных сечениях. Несущие траншейные и свайные стены, а также стены, используемые как ограждение, рассчитываются по двум группам предельных состояний на раздельное действие вертикальных и поперечных сил. При этом расчет выполняется для каждого этапа строительства и эксплуатации при наиболее невыгодном сочетании нагрузок [6, 7].

Расчет траншейных стен, сооружаемых способом «стена в грунте», в зависимости от конструктивной схемы сооружения производится по схеме консольной конструкции, защемленной в грунте, или по схеме конструкции с одним или несколькими ярусами распорок или анкеров (рис. 2) [6].

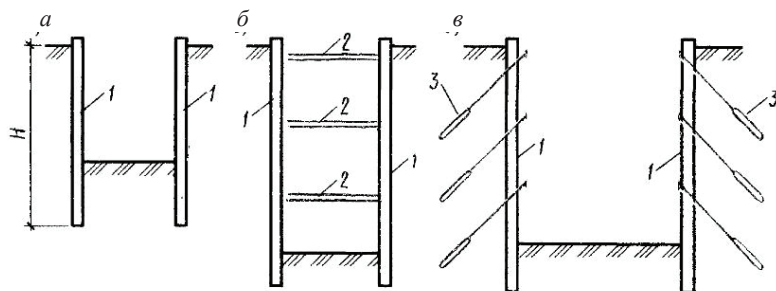


Рис. 2. Конструктивные схемы сооружений с параллельными стенами: а – консольная стена; б – стены с креплением распорками; в – стены с креплением анкерами. 1 – стена; 2 – распор; 3 – анкер; H – глубина заложения стены

Помимо наличия или отсутствия распоров, характер работы ограждающей конструкции определяется глубиной ее заведения в грунт ниже дна котлована или днища сооружения. При этом возможны две схемы работы стенки (рис. 3): а – схема Якоби; б – схема Блюма-Лоймера [6].

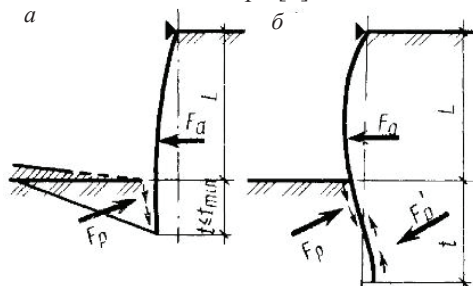


Рис. 3. Работа заанкеренной стенки в зависимости от глубины погружения ниже дна котлована



Согласно схеме *a* глубина погружения стенки определяется только условием обеспечения ее статического равновесия (схема Э. К. Якоби).

Схема *б* предполагает погружение стенки на глубину, обеспечивающую ее заземление в грунте (схема Блюма-Лоймера) [6].

Траншейные стены рассчитываются на действие активного давления грунта. Активное давление грунтов рекомендуется определять упрощенно с учетом плоских поверхностей скольжения по формулам 1 и 2:

$$\sigma_a = \gamma \times z \times \lambda_a - c(1 - \lambda_a)/\operatorname{tg} \varphi, \text{ т/м}^2, \quad (1)$$

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2), \text{ т/м}^2, \quad (2)$$

где: γ – плотность грунта (т/м^3); λ_a – коэффициент активного давления грунта; z – мощность слоя грунта; c – удельное сцепление грунта; φ – угол внутреннего трения грунта.

Гидростатическое давление σ_w воды на ограждающую конструкцию определяется по формуле 3:

$$\sigma_w = \gamma_w \times h, \text{ т/м}^2, \quad (3)$$

где γ_w – удельный вес воды; h – высота столба воды.

Нагрузка на стенку с поверхности определяется по формуле 4:

$$\sigma_q = q \times \lambda_a, \text{ т/м}^2, \quad (4)$$

где q – нагрузка на поверхности.

Перемещению участка стены, расположенного ниже дна котлована, препятствует пассивное давление σ_p грунта, значение которого определяется по формулам 5 и 6:

$$\sigma_p = \gamma \times z' \times \lambda_p - c(1 - \lambda_p)/\operatorname{tg} \varphi, \text{ т/м}^2, \quad (5)$$

$$\lambda_p = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi/2), \text{ т/м}^2, \quad (6)$$

где z' – расстояние от дна котлована до рассматриваемого сечения.

Результирующее давление на СВГ рассчитывается по формуле 7:

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_w + \sigma_q - \sigma_p, \text{ т/м}^2. \quad (7)$$

По полученным значениям элементарных сил строится силовой многоугольник, а затем веревочный многоугольник.

Максимальный изгибающий момент в стене определяется по формуле 8:

$$M_{\max} = H \times y_{\max}, \text{ т} \times \text{м}, \quad (8)$$

где H – максимальное усилие; y – ордината эпюры изгибающих моментов.

Дополнительное заглубление стены в грунт обеспечивает снижение максимального изгибающего момента почти на 30 % [6].

Величина неуравновешенной горизонтальной силы F_s определяется векторным сложением сил из силового многоугольника [6].

По величине максимального изгибающего момента производится подбор арматуры [9] по формулам 9, 10 и 11:

$$a_m = \frac{M}{R_b \times b \times h_0^2}, \quad (9)$$

$$A'_{s'} = \frac{M - a_R \times R_b \times b \times h_0^2}{R_{sc}(h_0 - a')}, \quad (10)$$

$$A_s = \frac{\varepsilon_R \times b \times h_0 \times R_b}{R'_s} + A'_{s'}, \quad (11)$$

Схема арматурного каркаса представлена на рис. 4.

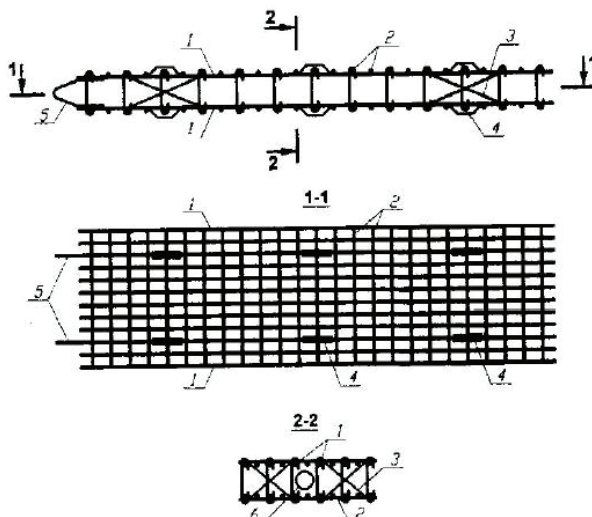


Рис. 4. Схема арматурного каркаса «стены в грунте»: 1 – стержни рабочей арматуры; 2 – стержни распределительной арматуры; 3 – диагональные связи; 4 – направляющие элементы; 5 – монтажные элементы; 6 – места установки бетонолитной трубы

Заключение. Применение ограждающей железобетонной конструкции ТРК на площади Горького в г. Нижнем Новгороде в условиях застроенной территории, сооружаемой методом «стена в грунте», с разработкой траншеи гидромеханизированным способом, позволяет значительно уменьшить негативное воздействие строительных работ на городскую среду, сократить сроки строительства и значительно уменьшить сметную стоимость строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамчук, В. П. Подземные сооружения / В. П. Абрамчук, С. Н. Власов, В. М. Мостков. – Москва: ТА Инжиниринг, 2005. – 464 с. – ISBN 5-9900476-2-2. – Текст : непосредственный.
2. Маковский, Л. В. Строительство городских автотранспортных тоннелей в сложных условиях: учебное пособие / Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула. – Москва: КНОРУС, 2019. – 276 с. – (Магистратура). – ISBN: 5406071610. – Текст : непосредственный.
3. Колесников, В. С. Возведение подземных сооружений методом «стена в грунте», технология и средства механизации: учебное пособие / В. С. Колесников, В. В. Стрельникова. – Волгоград: Волгоградский государственный университет, 1999. – 144 с. – Текст : непосредственный.
4. Маковский, Л. В. Городские подземные транспортные сооружения / Л. В. Маковский. – Москва : Стройиздат, 1979. – 472 с. – Текст : непосредственный.
5. Горбунов-Посадов, М. И. Основания, фундаменты и подземные сооружения / М. И. Горбунов-Посадов, В. А. Ильичев, В. И. Крутов [и др.]; под общей редакцией Е. А. Сорочана, Ю. Г. Трофименкова. – Екатеринбург: АТП, 2014. – 479 с. – (Справочник проектировщика). – ISBN 5-93093-028-6. – Текст : непосредственный.
6. Швецов, Г. И. Основания и фундаменты : справочник / Г. И. Швецов, И. В. Носков, А. Д. Слободян, Г. С. Госькова ; под редакцией Г. И. Швецова. – Москва: Высшая школа, 1991. – 383 с. – ISBN: 5-06-001827-X. – Текст : непосредственный.



7. Опыт возведения сооружений методом «Стена в грунте» / А. Л. Филахтов, Г. К. Лубенец, Н. В. Писанко, М. Г. Янкулин. – Киев : Будівельник, 1981. – 234 с. – Текст : непосредственный.

8. РСН 20 – 87. Проектирование и устройство траншейных и свайных стен методом «стена в грунте» : республиканские строительные нормы. – Минск, 1987. – Текст : непосредственный.

9. Расчет железобетонных конструкций без предварительно напряженной арматуры : методическое пособие / под руководством Н. Н. Трекина ; НИИСФ РАССН. – Москва : ЦНИИПромзданий, 2015. – 283 с. – Текст : непосредственный.

GUNDERCHUK Anton Eduardovich, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics; LAMPSI Boris Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of theory of structures and technical mechanics

APPLICATION OF THE "WALL-IN-SOIL" METHOD WITH HYDRO-MECHANIZED TRENCHING IN THE CONSTRUCTION OF THE SHOPPING AND RECREATION COMPLEX ON GORKY SQUARE IN NIZHNY NOVGOROD (PRODUCTION TECHNOLOGY AND CALCULATION)

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: marcinho25@list.ru, lampsi@yandex.ru

Key words: "wall-in-soil", hydro-mechanized method, hydraulic cutter, clay solution, bentonite, underground parking.

The article substantiates expediency of designing and erecting external reinforced concrete enclosing structures of the shopping and recreation complex on Gorky Square in Nizhny Novgorod by the "wall-in-soil" method with hydro-mechanized trenching in conditions of a built-up area.

REFERENCES

1. Abramchuk V. P., Vlasov S. N., Mostkov V. M. Podzemnye sooruzheniya [Underground constructions]. Moscow, TA Engineering Press, 2005, 464 p. – ISBN 5-9900476-2-2.
2. Makovsky L. V., Kravchenko V. V., Sula N. A. Stroitelstvo gorodskikh avtotransportnykh tonneley v slozhnykh usloviyakh [Construction of urban road tunnels in difficult conditions]: uchebnoe posobie. Moscow: KNORUS, 2019, 276 p. (Magistratura). – ISBN: 5406071610.
3. Kolesnikov V. S., Strelnikova V. V. Vozvedenie podzemnykh sooruzheniy metodom «stena v grunte», tekhnologiya i sredstva mekhanizatsii [Construction of underground structures by the "wall in the ground" method, technology and mechanization facilities]: uchebnoe posobie. Volgograd, Volgograd. gos. un-t. 1999, 144 p.
4. Makovsky L. V. Gorodskie podzemnye transportnye sooruzheniya [Urban underground transport facilities]. Moscow, Stroyizdat, 1979, 472 p.
5. Gorbunov-Posadov M. I., Ilichyov V. A., Krutov V. I. et al. Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya [Bases, foundations and underground structures]; pod obschey red. E. A. Sorochana, Yu. G. Trofimenkova. Yekaterinburg, ATP, 2014, 479 p. (Spravochnik proektirovshchika). – ISBN 5-93093-028-6.
6. Shvetsov G. I., Noskov I. V., Slobodyan A. D., Goskova G. S. Osnovaniya i fundamenty [Bases and foundations]: spravochnik; pod red. G. I. Shvetsova. Moscow: Vysshaya shkola, 1991, 383 p. – ISBN: 5-06-001827-X.
7. Filakhtov A. L., Lubenets G. K., Pisancko N. V., Yankulin M. G., Opyt vozvedeniya sooruzheniy metodom "Stena v grunte" [Experience in erecting structures by the "Wall in the



Ground" method]. Kiev, Budivelnik, 1981, 234 p.

8. RSN 20 – 87. Proektirovanie i ustroystvo transheynykh i svaynykh sten metodom «stena v grunte» [Design and construction of trench and pile walls by the "wall in the ground" method]: respublikanskies stroitelnye normy. Minsk, 1987.

9. Trekina N. N. Raschyot zhelezobetonnykh konstruksiy bez predvaritelno napryazhyonnoy armatury [Calculation of reinforced concrete structures without prestressed reinforcement]: metodicheskoe posobie / pod rukovodstvom N. N. Trekina; NIISF RASSN. Moscow: TsNIPromzdaniy, 2015, 283 p.

© А. Э. Гундерчук, Б. Б. Лампси, 2021

Получено: 05.12.2020 г.

УДК 528.482

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

О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОБРАТНОЙ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

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

Ключевые слова: обратная линейно-угловая засечка, градиент, оптимизация, линии положения, фигура погрешностей, эллипс.

На примере обратной линейно-угловой засечки предлагается геометрическая интерпретация процесса поиска оптимальной комбинации угловых и линейных измерений из всех возможных альтернатив. Она основана на использовании линий крайних положений определяемой точки и позволяет расположить все возможные для измерения горизонтальные углы и длины сторон в приоритетный ряд. Фигура погрешностей, сформированная наиболее приоритетными линиями крайних положений, показывает оптимальное сочетание угловых и линейных измерений этого ряда. Эта фигура ограничивает размеры эллипса, который соответствует заданной функции. Полученные в статье выводы базируются на результатах выполненного знакового моделирования, которые подтверждаются соответствующей оценкой точности. Предлагаемая методика отличается наглядностью процесса и однозначностью получаемых результатов.

При строительстве зданий повышенной этажности возникает задача создания на монтажных горизонтах плановой разбивочной сети. В работах [1, 2, 3, 4] предлагается при строительстве таких зданий создавать на монтажных горизонтах плановую разбивочную сеть, используя комбинацию прямых и обратных угловых засечек или обратную линейно-угловую засечку (ОЛУЗ). Однако приведенная методика оценки точности и некоторые вопросы оптимизации таких засечек, связанные с их конфигурацией или необходимым количеством исходных пунктов, основаны лишь на частных решениях и нуждаются в уточнениях.

В нашей работе [5] приведены результаты анализа точности ОЛУЗ в зависи-



мости от конфигурации засечки и количества исходных пунктов. Было в частности установлено, что увеличение количества исходных пунктов более трех практически не приводит к заметному повышению точности определения точки P . Кроме того, ОЛУЗ с измеренными двумя длинами сторон и одним углом является бесконтрольной. Поэтому в дальнейшем будем иметь в виду ОЛУЗ с тремя сторонами и двумя углами, оптимальную программу наблюдений которой необходимо выбрать из всех возможных альтернатив.

Геометрической интерпретацией процесса проектирования оптимальной программы наблюдений путем последовательного исключения малоинформативных измерений из всех возможных можно считать описанный в [6] способ. Он основан на построении инверсионной фигуры с учетом всех возможных связей определяемой точки с исходными пунктами и с последующим упрощением этой фигуры за счет направлений с малым весом. Однако этот способ не дает однозначного решения об оптимальной комбинации направлений засечки из всех возможных. Кроме того, он неприемлем для комбинированных, линейных и линейно-угловых засечек, а также для случая измерения горизонтальных углов способом круговых приемов.

В статье предлагается геометрическая интерпретация процесса поиска оптимальной комбинации угловых β_i и линейных S_j измерений ОЛУЗ из всех возможных альтернатив. При этом под оптимальным вариантом засечки будем понимать такую комбинацию трех направлений засечки из всех возможных, измерение которых обеспечивает наивысшую точность по сравнению с другими аналогичными комбинациями.

Предлагаемая методика заключается в построении линий крайних положений $i-i$ в случае угловых измерений и $j-j$ в случае линейных измерений. Эти линии в соответствии с принятыми значениями средних квадратических ошибок (СКО) $m\beta_i$ и mS_j отстоят от определяемой точки P на расстоянии, равном ее поперечному C_i или продольному C_j смещению:

$$C_i = m\beta_i / q\beta_i, \quad C_j = mS_j, \quad (1)$$

причем линии крайних положений $i-i$ параллельны градиентам $q\beta_i$ измеренных углов, а линии $j-j$ перпендикулярны измеряемым сторонам.

Полученные в статье выводы базируются на результатах выполненного знакового моделирования. В качестве модели фигурирует схема сети (рис. 1), где T_1 , T_2 , T_3 и T_4 являются исходными пунктами; P – определяемая точка; β_1 , β_2 , β_3 , β_4 и S_1 , S_2 , S_3 , S_4 – измеряемые горизонтальные углы и длины сторон. Характеристика сети представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Дирекционные углы и длины сторон сети

Стороны $P-T_i$, их дирекционные углы α° и длины сторон S , м							
$P-T_1$		$P-T_2$		$P-T_3$		$P-T_4$	
α	S	α	S	α	S	α	S
1	2	3	4	5	6	7	8
332	207	104	228	214	183	257	206

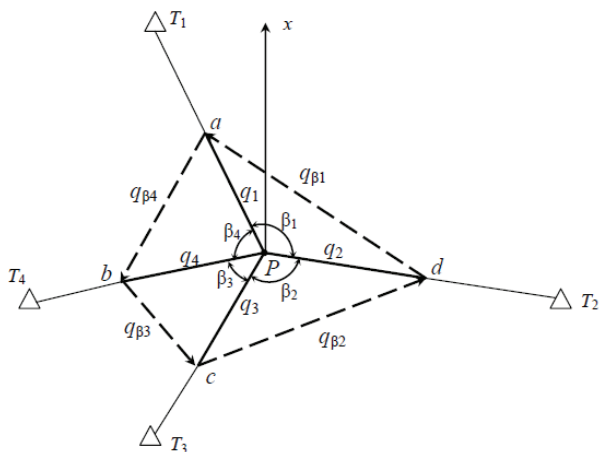


Рис. 1. Схема сети с градиентами направлений и углов

В случае угловых измерений определение градиентов углов $q\beta$, осуществляется следующим образом (рис. 1). Откладываем на сторонах засечки градиенты направлений $q_{1,2,3,4} = \rho/S_{1,2,3,4}$ ($\rho = 206\,265''$), а точки a, b, c и d соединяем. Полученные отрезки ab, bc, cd и da будут равны соответственно градиентам $q_{\beta 1}, q_{\beta 2}, q_{\beta 3}$ и $q_{\beta 4}$ с дирекционными углами $\alpha'_1, \alpha'_2, \alpha'_3$ и α'_4 . Направление каждого градиента α' принимают в сторону того направления, от которого этот угол измеряется. Значения градиентов q_{β} и их дирекционных углов α' , которые можно определить графически или вычислить по приведенным в нашей работе [5] формулам, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Градиенты направлений, градиенты углов и дирекционные углы градиентов

Градиенты направлений, q , "/см Дирекционные углы α , градус				Градиенты углов, q_{β} , "/см Дирекционные углы α' , градус			
q_1	q_2	q_3	q_4	$q_{\beta 1}$	$q_{\beta 2}$	$q_{\beta 3}$	$q_{\beta 4}$
1	2	3	4	5	6	7	8
$\overset{*}{9,96}$ $\overset{**}{332}$	$\frac{9,05}{104}$	$\frac{11,27}{214}$	$\frac{10,01}{257}$	$\frac{17,37}{309,2}$	$\frac{16,69}{64,6}$	$\frac{7,89}{154,0}$	$\frac{12,16}{204,7}$

*над чертой – градиенты направлений; **под чертой – дирекционные углы

В табл. 3 приведены подсчитанные по формуле (1) поперечные смещения C_i при $m_{\beta} = 5''$, что соответствует технической характеристике электронного тахеометра SET 530R/R3. Что касается продольных смещений C_j , то они приняты равными $m_{sj} = 0,3$ см.

Т а б л и ц а 3

Поперечные смещения C_i точки P

Поперечные смещения C_i , см			
C_1	C_2	C_3	C_4
1	2	3	4
0,29	0,30	0,63	0,41

Для построения так называемой фигуры погрешностей (рис. 2) откладывают каждое поперечное смещение (в выбранном масштабе) в обе стороны от точки P по направлению, перпендикулярному его градиенту. Через полученные точки проводят линии крайних положений, параллельные направлениям градиентов. Эти линии, пересекаясь между собой, образуют фигуру погрешностей в виде многоугольника, причем некоторые из них могут не участвовать в его формировании. Оптимальной комбинацией будет являться совокупность тех угловых измерений, линии крайних положений которых образуют фигуру погрешностей.

Так, линии 1у-1у и 2у-2у, пересекаясь между собой, формируют фигуру погрешностей $efgh$. Линии 4у-4у оказывают незначительное влияние на величину этой фигуры, а линии 3у-3у вообще не участвуют в ее формировании. Следовательно, оптимальным вариантом угловых измерений будет измерение углов β_1 и β_2 .

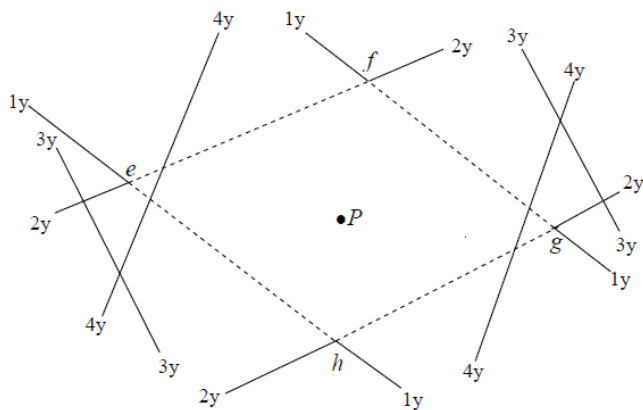


Рис. 2. Линии крайних положений и фигура погрешностей обратной угловой засечки

С целью подтверждения вышесказанному выполнен анализ точности возможных вариантов обратной угловой засечки. Для этого, используя методику единого алгоритма оценки точности любых геодезических засечек [7], были найдены значения периметра так называемого квадратического полигона Π (см. табл. 4, столбец 4), замыкающей этого полигона q_3 (столбец 5) и дирекционный угол φ (столбец 6) замыкающей, который равен дирекционному углу эллипса СКО. А по величине Π и q_3 можно вычислить практически любые известные в геодезии на данный момент скалярные оценки точности, в том числе размеры большой A и малой B полуосей эллипса СКО, радиальную ошибку $M = \sqrt{A^2 + B^2}$ (столбцы 7, 8, 9), а также СКО m_x и m_y точки P по осям координат (столбец 10) по формулам:

$$\begin{aligned}
 m_x^2 &= \frac{2m_\beta^2}{\Pi^2 - q_3^2} (\Pi - q_x), \\
 m_y^2 &= \frac{2m_\beta^2}{\Pi^2 - q_3^2} (\Pi + q_x), \\
 q_x &= \sum q_\beta^2 \cos 2\alpha'.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Т а б л и ц а 4

Результаты анализа вариантов обратной угловой засечки

За-сечка	q_{β} , "/см	α' , °	Π , ("/см) ²	q_{β^2} , ("/см) ²	Эллипс ошибок, см				Ошибка m_x/m_y , см
					φ , °	A	B	M	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
β_1	17,37	309,2	580,27	249,78	99,3	0,39	0,25	0,46	0,25
β_2	16,69	64,6							0,39
β_2	16,69	64,6	340,81	216,32	64,8	0,63	0,30	0,70	0,38
β_3	7,89	154,0							0,59
β_3	7,89	154,0	210,12	148,88	12,5	0,90	0,37	0,98	0,41
β_4	12,16	204,6							0,89
β_4	12,16	204,6	449,58	187,11	140,5	0,44	0,28	0,52	0,35
β_1	17,37	309,2							0,38

Анализ данных табл. 4 подтверждает сделанный ранее вывод о том, что оптимальным вариантом простой обратной угловой засечки из всех рассмотренных альтернатив будет вариант с измерением углов β_1 и β_2 .

Обратим внимание, что использование линий крайних положений позволяет расположить все угловые измерения в приоритетный ряд $\beta_1, \beta_2, \beta_4$ и β_3 . Если, например, совокупность β_1 и β_2 не удовлетворяет требованиям точности, то к ней следует добавить измерение угла β_4 в соответствии с приоритетным рядом.

Что касается линейных измерений, то при равноточном измерении S_j все продольные смещения C_j точки P равны между собой и соответствуют СКО m_{sj} . Для формирования фигуры погрешностей необходимо провести линии крайних положений 1л-1л, 2л-2л, 3л-3л и 4л-4л перпендикулярно к сторонам сети, отстоящие от P в обе стороны на расстоянии принятой $m_{sj} = 0,3$ см (рис. 3). Очевидно, что все эти линии (независимо от их числа) будут в той или иной мере участвовать в формировании фигуры погрешностей (пунктирная).

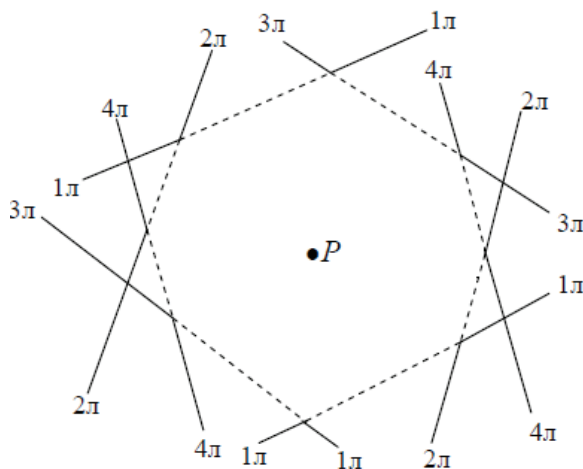


Рис. 3. Линии крайних положений и фигура погрешностей линейной засечки



Анализ фигуры погрешностей показывает, что в ее формировании наибольшее участие принимают линии 1л-1л и 3л-3л, а влияние линий 2л-2л и 4л-4л примерно одинаково. Поэтому оптимальным вариантом трехлучевых линейных измерений будет измерение S_1, S_2, S_3 или S_3, S_4, S_1 .

В линейной засечке величина градиентов q_s измеряемых расстояний принимается равной единице, поэтому периметр полигона будет равен $\Pi = \Sigma q_s = 3$ (величина безразмерная). В табл. 5 представлены результаты оценки точности по методике единого алгоритма [7] возможных вариантов трехлучевых линейных засечек. Данные табл. 5 подтверждают сделанный выше вывод о том, что оптимальными являются измерения S_1, S_2, S_3 или S_3, S_4, S_1 .

Т а б л и ц а 5

Результаты анализа вариантов линейной засечки

Засечка	q_s	$\alpha, ^\circ$	Π	q_3	Эллипс ошибок, см				Ошибка*
					$\varphi, ^\circ$	A	B	M	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S_1	1	332	3	0,37	48,9	0,26	0,23	0,35	$\frac{0,25}{0,24}$
S_2	1	104							
S_3	1	214							
S_2	1	104	3	1,67	163,8	0,37	0,20	0,42	$\frac{0,22}{0,36}$
S_3	1	214							
S_4	1	257							
S_3	1	214	3	0,54	133,1	0,27	0,23	0,35	$\frac{0,25}{0,25}$
S_4	1	257							
S_1	1	332							
S_4	1	257	3	1,49	17,6	0,35	0,20	0,40	$\frac{0,22}{0,34}$
S_1	1	332							
S_2	1	104							
S_1	1	332	4	0,85	167,0	0,24	0,19	0,31	$\frac{0,19}{0,24}$
S_2	1	104							
S_3	1	214							
S_4	1	257							

*над чертой – m_x ; под чертой – m_y

В табл. 5 также приведены результаты оценки точности четырехлучевой засечки, подтверждающие сделанный в нашей работе [5] вывод о том, что увеличение количества исходных пунктов более трех практически не приводит к заметному повышению точности определения точки P .

Для определения оптимальной комбинации линейно-угловых измерений необходимо наложить фигуры погрешностей (рис. 2 и 3) одну на другую (рис. 4). В результате получаем результирующую фигуру погрешностей, которую формируют линии 1у-1у и 2у-2у, которым соответствуют углы β_1 и β_2 и линии 1л-1л, 2л-2л и 3л-3л, которым, в свою очередь, соответствуют расстояния S_1, S_2, S_3 . Что касается линии 4л-4л, то она не связана с углами β_1 и β_2 , поэтому во внимание не принимается.

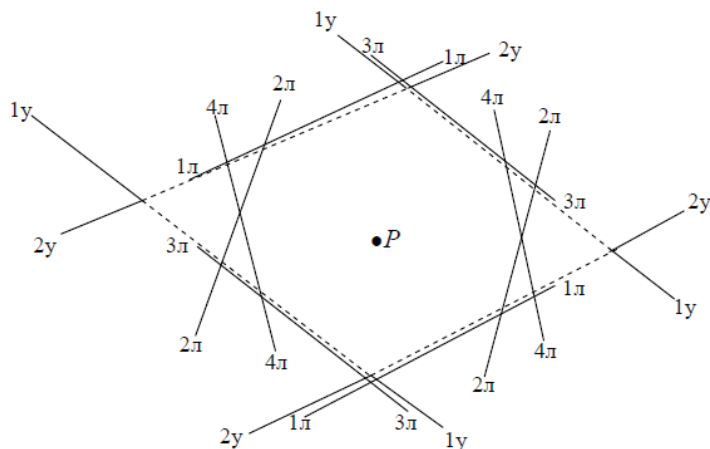


Рис. 4. Линии крайних положений и фигура погрешностей линейно-угловых измерений

В линейно-угловой засечке в вычислениях периметра Π и замыкающей q_3 будут принимать участие как градиенты расстояний q_s и градиенты углов q_β , так и веса линейных p_s и угловых p_β измерений:

$$\begin{aligned} \Pi &= \Sigma p_s + \Sigma p_\beta q_\beta^2, \quad q_3 = \sqrt{q_y^2 + q_x^2}, \\ q_y &= \Sigma p_\beta q_\beta^2 \sin 2\alpha' + \Sigma p_s \sin(2\alpha + 180^\circ), \\ q_x &= \Sigma p_\beta q_\beta^2 \cos 2\alpha' + \Sigma p_s \cos(2\alpha + 180^\circ). \end{aligned} \quad (3)$$

Если принять $p_s = 1$, то $p_\beta = \mu^2/m_\beta^2$, а если принять $p_\beta = 1$, тогда $p_s = \mu^2/m_s^2$, где μ является ошибкой единицы веса. Так, если $m_\beta = 5''$, а $m_s = 3$ мм, то при $p_s = 1$ ошибка $\mu = 3$ мм и $p_\beta = 0,36$, а при $p_\beta = 1$ ошибка $\mu = 5''$ и $p_s = 2,78$. При любом выборе весов будем получать одни и те же результаты оценки точности.

Т а б л и ц а 6

Результаты анализа вариантов линейно-угловой засечки

Стороны	Углы	$\alpha, ^\circ$	Π	q_3	Эллипс ошибок, см				Ошибка*
					$\varphi, ^\circ$	A	B	M	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S_1	β_1	332	5,09	0,91	87,3	0,21	0,17	0,27	$\frac{0,21}{0,17}$
S_2		104							
S_3		214							
S_2	β_2	104	4,23	1,67	61,0	0,29	0,17	0,33	$\frac{0,20}{0,26}$
S_3		214							
S_4		257							
S_3	β_3	214	3,76	0,54	109,7	0,24	0,21	0,31	$\frac{0,23}{0,21}$
S_4		257							
S_1		332							
S_4	β_4	257	4,62	1,26	35,0	0,23	0,18	0,29	$\frac{0,20}{0,21}$
S_1		332							
S_2		104							

над чертой *— m_x ; под чертой **— m_y

Данные табл. 6 подтверждают результаты геометрической интерпретации о том, что оптимальным вариантом линейно-угловой засечки является измерение углов β_1 , β_2 и длин сторон S_1 , S_2 , S_3 .

На рис. 5. представлены графики, характеризующие точность определения большой полуоси эллипса A , малой полуоси B и радиальной ошибки M оптимальных засечек: обратной угловой (ОУЗ), линейной (ЛЗ) и обратной линейно-угловой (ОЛУЗ). На основании этих графиков можно сделать вывод, что при принятых выше значениях СКО m_s и m_β наибольшей точностью обладает линейно-угловая засечка.

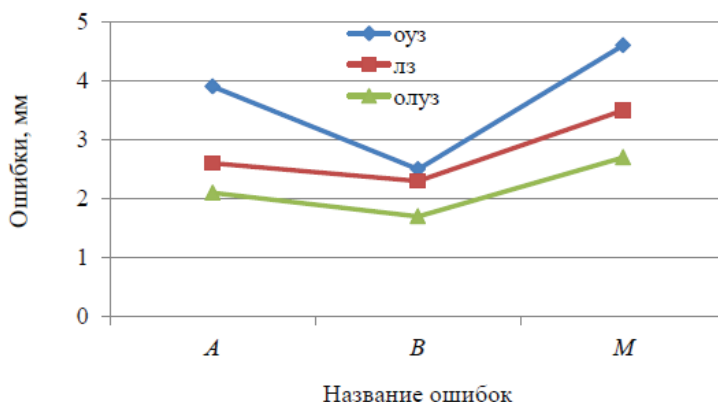


Рис. 5. Показатели точности обратной угловой (ОУЗ), линейной (ЛЗ) и линейно-угловой (ЩЛУЗ) засечек

В заключение отметим, что предлагаемая методика использования линий крайних положений определяемой точки обеспечивает наглядность выбора оптимальной программы угловых, линейных или линейно-угловых измерений из всех возможных альтернатив и однозначность получаемых результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключин, Е. Б. Создание плановой разбивочной сети на монтажном горизонте при строительстве зданий повышенной этажности / Е. Б. Ключин, Е. П. Власенко, Заки Мохамед Зейдан Эль-Шейха. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 5. – С. 48–54.
2. Горяинов, И. В. О наилучшей конфигурации обратной линейно-угловой засечки и необходимом количестве пунктов для достижения заданной точности / И. В. Горяинов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2016. – № 4. – С. 41–47.
3. Зайцев, А. К. Исследование точности передачи координат и высот на монтажные горизонты построением сети обратных линейно-угловых засечек / А. К. Зайцев, И. В. Горяинов, А. А. Шевчук. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2018. – № 4. – С. 271–276.
4. Horemuz, M. Optimum establishment of total station / M. Horemuz, P. Jansson // Journal of Surveying Engineering. – 2017, May. – V. 143, Is. 2.
5. Шеховцов, Г. А. О создании плановой разбивочной сети способом обратной линейно-угловой засечки при строительстве зданий повышенной этажности / Г. А. Шеховцов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 4. – С. 98–107.



6. Сомов, Г. Е. Градиенты и линии положения в геодезии / Г. Е. Сомов. – Текст : непосредственный // Труды Харьковского сельскохозяйственного института. – 1967. – Том 59/90. – 202 с.

7. Шеховцов, Г. А. Единый алгоритм уравнивания, оценки точности и оптимизации геодезических засечек: монография / Г. А. Шеховцов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. – 123 с. – ISBN 978-5-528-00230-9. – Текст : непосредственный.

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

ON THE CHOICE OF THE OPTIMAL OPTION OF THE INVERSE LINEAR-ANGULAR SERIF IN CONSTRUCTION OF HIGH-STOREY BUILDINGS

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

Key words: inverse linear-angular serif, gradient, optimization, position lines, error shape, ellipse.

The article proposes a geometric interpretation of the process of finding the optimal combination of angular and linear measurements from all possible alternatives on the example of linear-angular inverse serif. It is based on the use of lines of extreme positions of the point to be determined and allows arranging all possible for the measurement horizontal angles and lengths of sides in a priority row. The error shape, formed by the most priority lines of the extreme positions, shows the optimal combination of angular and linear measurements of this series. This shape limits the size of an ellipse that corresponds to the specified precision function. The conclusions obtained in the article are based on the results of the performed sign modeling, which are confirmed by the corresponding assessment of accuracy. The proposed technique is distinguished by the clarity of the process and the unambiguousness of the results obtained.

REFERENCES

1. Klyushin E. B., Vlasenko E. P., Zaki Mokhamed Zeydan El-Sheykha. Sozdanie planovoy razbivochnoy seti na montazhnom gorizonte pri stroitelstve zdaniy povyshennoy etazhnosti [Creation of a planned center network on the installation horizon in the construction of high-rise buildings] Izvestiya vuzov. «Geodeziya i aerofotos'emka» – 2009. № 5. P. 48–54

2. Goryainov I. V. O nailuchshey konfiguratsii obratnoy lineynouglovoy zasechki i neobkhodimom kolichestve punktov dlya dostizheniya zadannoy tochnosti [On the best configuration of the inverse linear-angular serif and the required number of points to achieve a given accuracy] Izvestiya vuzov. «Geodeziya i aerofotosyomka» [Geodesy and aerophotosurveying]. – 2016. № 4. P. 41–47.

3. Zaytsev A. K., Goryainov I. V., Shevchuk A. A. Issledovanie tochnosti peredachi koordinat i vysot na montazhnye gorizonty postroeniem seti obratnykh lineynouglovykh zasechek [Investigation of the accuracy of transmission of coordinates and heights to the mounting horizons by constructing a network of inverse linear-angular serifs] Izvestiya vuzov. «Geodeziya i aerofotosyomka» [Geodesy and aerophotosurveying]. – 2018. № 3. P. 271–276.

4. Horemuz M., Jansson P. Optimum establishment of total station // Journal of Surveying Engineering. May 2017. V. 143. Is. 2.

5. Shekhovtsov G. A. O sozdanii planovoy razbivochnoy seti sposobom obratnoy lineynouglovoy zasechki pri stroitelstve zdaniy povyshennoy etazhnosti [About building a planned center network by means of inverse linear-angular notches in construction of high-rise buildings] // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-



stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2019. № 4. P. 98–107.

6. Somov G. E. Gradienty i linii polozheniya v geodezii [Gradients and lines of position in geodesy] // Articles of the Kharkov agricultural institute. – 1967. – V. 59/90, 202 p.

7. Shekhovtsov G. A. Ediny algoritm uravnivaniya, otsenki tochnosti i optimizatsii geodesicheskikh zasechek [Unified algorithm for adjustment, accuracy estimation and optimization of geodetic marks]: monografiya. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod: NNGASU, – 2017, 123 p. – ISBN 978-5-528-00230-9.

© **Г. А. Шеховцов, 2021**

Получено: 17.12.2020

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 628.81. 628.884

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

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ ПРИ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. Тел.: (499) 183-26-92; эл. почта: gumarov@yandex.ru

Ключевые слова: личное пространство в квартире, микроклимат, энергосбережение.

Предложено формировать личные пространства в жилых зданиях и создавать микроклимат в них с учетом потребностей конкретного человека.

Индивидуализация жизни человека связана с качеством микроклимата, окружающего человека в помещении. Нормы микроклимата связаны с удовлетворением примерно 75 % людей, однако 25 % есть переменная величина, зависящая от активности и особенностей метаболизма человека в каждый данный момент времени, но это касается и кажущихся стабильными 75 %. Формирование инженерных систем с учетом индивидуальных физиологических особенностей человека позволит экономнее расходовать энергетические ресурсы и тратить тепловую энергию точно с учетом необходимости для каждого человека. Правильнее, когда у человека есть индивидуальное место дома, где создается микроклимат, нужный конкретному человеку в каждый данный конкретный момент времени. Кроме того, изменения климата, окружающего здание, также удобно учесть при формировании микроклимата в индивидуальных пространствах жилого здания с учетом необходимости для каждого конкретного человека.

Дома человек может проводить достаточно большую часть своей жизни, в одни периоды больше времени человек находится дома, в другие периоды меньше, но даже в гостинице человек надеется на домашний уют. Человек формируется в социокультурной среде, где его деятельность определяется уровнем образования и личными особенностями и носит индивидуальный и коллективный характер. В нашей стране климат не пригоден для жизни человека без жилища на улице. Человеку необходимо защищенное от внешнего климата жизненное пространство, размеры которого определяются социокультурными аспектами, определяющими жизненную позицию человека в обществе. А микроклимат данного жизненного пространства связан с метаболизмом человека, который является переменным в каждый данный период времени в течение суток и на всех этапах жизни человека. Создание микроклимата в жилом пространстве требует затрат тепловой и электрической энергии, что определяется уровнем развития общества, достатком человека и возможностями государства. Индивидуальное или частное, или персональное пространство в жилом здании, которое занимает один человек – это пространство в квартире или доме, где человек может находиться один, занимаясь

индивидуальными видами деятельности. В таком пространстве, если оно выделено в виде отдельного помещения, можно обеспечить параметры микроклимата, которые необходимы конкретному человеку в каждый конкретный момент времени в зависимости от метаболизма и физиологии человека с учетом психологического, эмоционального и физического состояния. Такое пространство иногда необходимо для защиты людей от агрессии других людей, а иногда человеку нужно сосредоточиться, чтобы его никто не отвлекал от решения каких-либо задач, например, человек может жить и работать дома в дистанционном формате. Многие творческие задачи носят индивидуальный характер, и их решение требует пребывания человека наедине с собой. Какое же пространство в жилом здании можно выделить для одного человека, где тот минимум или максимум? Так как все жители РФ имеют возможность получать образование, в том числе и высшее, то такое личное или частное пространство может быть обозначено минимальной величиной жилой площади примерно равной $18-20 \text{ м}^2 \pm \Sigma \Delta F \text{ м}^2$ (рис. 1), так как быт и деятельность человека связаны со многими вещами и предметами, которые могут быть нужны человеку, например, личные библиотека, фонотека, видеотека и т. д. Изучению индивидуального пространства с точки зрения социокультурного фактора посвящены следующие работы [1, 2, 3], а пониманию частного пространства в обществе посвящена работа [4].

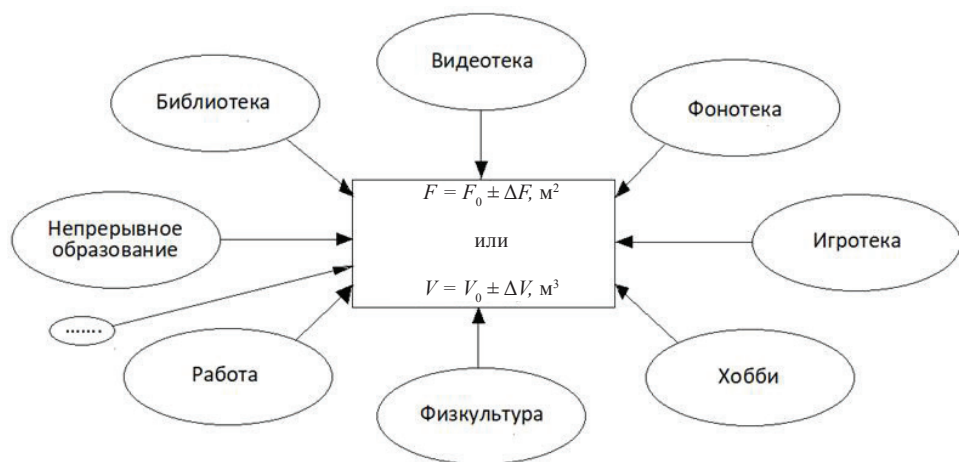


Рис. 1. Влияние социокультурных факторов на площадь F или объем V индивидуального или частного пространства в жилом здании

Переменное во времени метаболическое или физиологическое состояние человека определяет, какие параметры микроклимата человеку нужны в каждый момент пребывания в частном пространстве (рис. 2), что позволяет оказать влияние на инженерные системы для создания нужных человеку параметров микроклимата. Такой подход позволяет экономить тепловую энергию, если человеку жарко, или повышать температуру воздуха в помещении, если человеку холодно. Если человек дома займется физкультурой, то возможно температура воздуха потребует ниже, а если активность человека связана со спокойной деятельностью, например, чтением книги, то температура воздуха может потребоваться выше. Известно, что точечный полив растений и учет индивидуальных потребностей для роста и развития каждого растения в современном агропроизводстве дает успешные резуль-

таты урожайности при снижении затрат, например, на водоснабжение и пр. Одним людям жарко, другим холодно в помещениях современных квартир – это говорит о том, что системы, создающие микроклимат, не всегда могут справиться с возложенными на них задачами по созданию необходимых параметров микроклимата для каждого человека. В итоге в первом случае открываются форточки, и теряется теплота, уходящая в окружающую среду, а во втором случае могут включить электроподогрев в помещении, перегрузив электросеть.

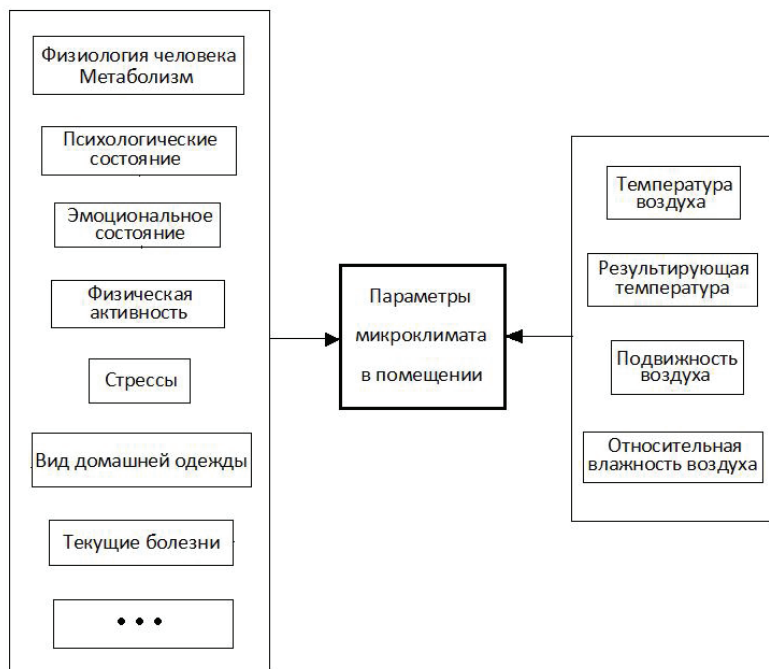


Рис. 2. Схема влияния состояния человека на параметры микроклимата в частном пространстве в жилом здании

Физиологическое, а также взаимосвязанные с ним психологическое и эмоциональное состояния человека можно измерить, применив другую вариацию современной технологии «умный браслет», который разместив на запястье руки человека, снимает показания физиологических параметров функционирования организма человека, а также параметры психоэмоционального состояния, а затем передает эти данные системе автоматики, которая регулирует работу систем климатизации частного пространства, а система климатизации перестраивает свою работу под конкретное физиопсихоэмоциональное состояние человека. Схема взаимодействия умного браслета, человека, микроклимата и инженерных систем, формирующих микроклимат в частном пространстве, показана на рис. 3.

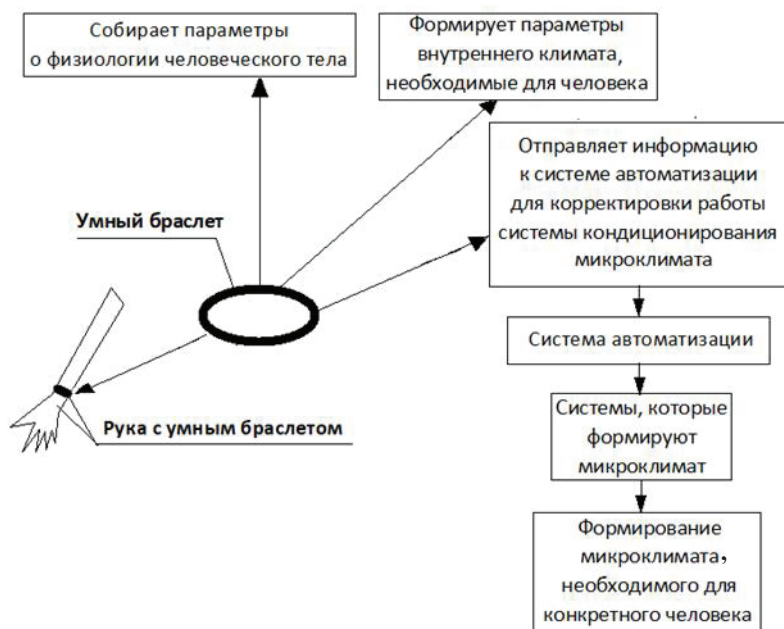


Рис. 3. Схема взаимодействия умного браслета, человека, микроклимата и инженерных систем, формирующих микроклимат в частном пространстве

Организация работы систем климатизации должна быть реализована так, чтобы частное пространство каждого человека в жилом здании обеспечивалось необходимыми параметрами микроклимата индивидуально. Реализовать такие системы климатизации, например, для системы отопления, можно, применив поквартирные системы с покомнатной разводкой теплоносителя с возможностью активно регулировать потоки теплоты от отопительных приборов персонально. Поквартирные узлы контроля и регулирования потребления тепловой энергии в квартирах жилых зданий в наше время применяются повсеместно. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха для частного пространства на основе существующего оборудования также позволяют регулировать потоки теплоты или холода с учетом потребностей человека в каждый данный момент времени. Индивидуализации работы системы приточной механической вентиляции посвящены работы [5, 6]. Повышению энергетической эффективности при обеспечении параметров микроклимата жилых домов посвящена работа [7], а формированию благоприятных жизненных пространств в зданиях – работы [8, 9].

Жилое здание, состоящее из частных или личных пространств (помещений), не может обойтись без общих или коллективных пространств, расположенных в квартирах и между квартирами. Можно ли достичь энергосбережения при индивидуализации систем обеспечения микроклимата в жилом здании с частными пространствами. Ответ здесь двойственный и зависит от особенностей метаболизма жителей, проживающих в жилом здании. Очевидно, что, если в жилом здании проживают люди, которым всегда жарко, то экономия тепловой энергии при регулировании теплового потока (например, от системы отопления в холодный период года) будет иметь место. Однако, если в здании проживают люди, которым всегда холодно, тогда необходимо увеличить затраты теплоты для повышения температу-



ры внутреннего воздуха в холодный период года. Если людям холодно, они мерзнут, напрягается их система терморегуляции, и они могут болеть, хуже работать, и их деятельность будет носить менее эффективный характер, возможно с затратами на лечение; если людям жарко, они потеют, что может приводить к простудным заболеваниям и также к уменьшению эффективности по различным видам деятельности. Если температура воздуха, окружающего человека в помещении, находится на необходимом ему уровне, то возможности по реализации жизненного потенциала и активной жизненной позиции возрастают.

Человек в нашей стране отдает теплоту для жизнедеятельности и ее распределение между испарением, конвекцией и лучистым теплообменом носит относительно стабильный и привычный характер для климата РФ отдельно для каждого сезона в году. Потепление климата приводит к необходимости привыкать или приспосабливаться к более высоким температурам, которых практически не было 30-50-100 лет назад, что связано с необходимостью подстраивать работы системы терморегуляции человека при адаптации, при которой формируется привыкание под новые климатические условия. Данная дестабилизация связана с перераспределением потоков теплоты между испарением, конвекцией и лучистым теплообменом человека с окружающей средой. При реализации работы системы отопления личное или частное пространства в многоквартирном жилом здании необходимо учитывать, так как в условиях суровых зимних периодов в РФ без отопления, как правило, никто прожить не сможет, поэтому личного пространства с выключенной системой отопления быть не может. Следовательно, в здании должна быть установлена минимальная температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях, ниже которой значение температуры воздуха в помещениях быть не должно. Микроклимат в помещениях жилых зданий в РФ на сегодняшний день формируется на основании требований нормативных документов, в частности ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», согласно которым в жилой комнате должна быть допустимая температура воздуха 18-24 °C, а для холодных территорий 20-24 °C, при этом для помещений с пожилыми людьми или инвалидами допустимая температура установлена 20-24 °C, а для холодных территорий 22-24 °C. Допустимая результирующая температура установлена 17-23 °C, для холодных территорий 19-23 °C, для помещений, где находятся пожилые люди или инвалиды 19-23 °C, а для холодных территорий 21-23 °C. Однако требуемый температурный режим в помещении, согласно приведенного выше ГОСТ, может не совпадать с необходимым температурным режимом с учетом индивидуальных особенностей человека.

Известно, что температурный комфорт обычно имеет диапазон от 15 °C до 25 °C, а при проектировании инженерных систем часто используют температурный диапазон 18-20 (22) °C, кроме того, температура здорового человека колеблется от 35,5 до 37,2 °C, на температуру тела человека влияют пол и возраст. В течение суток температура тела человека изменяется на величину около 1 градуса: утром минимум, вечером максимум. На практике известны случаи, когда люди предпочитали проживание при температуре внутреннего воздуха +30 °C. При наличии разнообразия желаемых значений температур внутреннего воздуха в индивидуальном жилом пространстве необходимый диапазон может быть задан в интервале 15–25 °C (30 °C), что связано с предотвращением выхолаживания помещений здания, снижением заболеваемости жильцов и перетоками теплоты между помещениями с разными температурами через перекрытия и внутренние стены. Теплопотери между помещениями с разной температурой воздуха через внутренние ограждающие



конструкции становятся существенными, если перепад температуры воздуха между ними более 3 °С, а в случае с индивидуализацией личного пространства данный перепад температур может составить 10–15 °С, что требует применения тепловой изоляции внутренних стен и перекрытий. При индивидуализации температурного режима в помещении не обойтись без учета массивности внутренних и наружных ограждающих конструкций, что требует моделирования теплового режима [10, 11]. Мониторинг параметров микроклимата и качества воздушной среды [12], а также мониторинг динамики наружного климата позволят добиться более точного расхода тепловой энергии на нужды каждого помещения зданий [13, 14].

По результатам проведенных исследований авторами сделаны следующие выводы.

1. Предложенный способ регулирования микроклимата с применением технологии «умного браслета» рассмотрен как гипотеза и требует дополнительного изучения.

2. Необходимость индивидуального жизненного пространства в квартирах не отвергает коллективную сущность человека и его потребность в социальной жизни семьи и общества. Коллективно-индивидуальная или индивидуально-коллективная жизнь человека в обществе определяется свободой выбора каждого человека.

3. При создании личных или частных пространств в жилом здании необходимо персонализировать работу инженерных систем, формирующих микроклимат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Падерин, В. К. Индивидуальное пространство как объект социологического анализа: к постановке проблемы / В. К. Падерин, О. В. Митрошина, И. Д. Гатин // Казанский социально-гуманитарный вестник. – 2017. – № 5 (28). – С. 69–73.
2. Алиева, Э. М. Динамика изменения индивидуального образовательного пространства младших школьников в процессе самопознания / Э. М. Алиева // Проблемы современного педагогического образования. – 2020. – № 67-1. – С. 282–286.
3. Безукладова, И. Ю. Категоризация индивидуального пространства как способ структурирования окружающего мира / И. Ю. Безукладова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2011. – № 7 (99). – С. 153–159.
4. Наумова, О. Б. Частное пространство в системе ценностей традиционного общества / О. Б. Наумова // Этнографическое обозрение. – 2014. – № 4. – С. 77–93.
5. Рымаров, А. Г. Персонализированная приточная система вентиляции в помещении офисного здания / А. Г. Рымаров, В. В. Агафонова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 11. – С. 60–64.
6. Rymarov, A. G., Agafonova, V. V. Air supply device to the worker's breathing zone. Materials Science Forum, 931 MSF, 2018. P. 897–900.
7. Бодров, М. В. Повышение энергетической эффективности систем обеспечения параметров микроклимата многоквартирных жилых домов / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов // Жилищное строительство. – 2015. – № 6. – С. 48–50.
8. A. Rymarov. Energy saving in the formation of covered courtyards. E3S Web of Conferences EKO-DOK 2019, 2019, 100, 00072.
9. Rymarov Andrey, Parfenteva Natalia, Valančius Kęstutis, Sabina Paulauskaitė, Violeta Misevičiūtė. Gaseous and thermal analysis of winter garden used for air regeneration throughout office buildings. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2018. V. 26. Issue 3. P. 195–201.
10. Brukhanov O., Rymarov A., Malysheva A., Titkov D. Analysis of heat losses of underground tunnel for engineering utilities with available methods. MATEC Web of Conferences, 2016. P. 04028.
11. Рымаров, А. Г. Characteristics of heat-mass exchange modes of mutual influence



buildings / А. Г. Рымаров // Естественные и технические науки. – 2013. – № 1(63) – С. 380–382.

12. Рымаров, А. Г. Мониторинг параметров микроклимата и концентраций вредных примесей в помещениях здания / А. Г. Рымаров // Приволжский научный журнал. – 2014. – № 1 (29) – С. 61–63.

13. Рымаров, А. Г. Особенности изменения температуры наружного воздуха во время резкого похолодания в холодный период года / А. Г. Рымаров, М. И. Ботнар // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 10. (93) – С. 162–167.

14. Рымаров, А. Г. Зависимость теплопотребления от динамики температуры наружного воздуха в период резкого похолодания / А. Г. Рымаров, М. И. Ботнар // Строительство: наука и образование. – 2014. – № 3. – С. 4.

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

ENERGY SAVING IN RESIDENTIAL BUILDINGS AT INDIVIDUALIZATION OF MICROCLIMATE

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

26, Yaroslavskoye highway, Moscow, 129337. Tel.: +7 (499) 183-26-92;

e-mail: rymarov@list.ru

Key words: personal space in the apartment, microclimate, energy saving.

The article proposes to form personal spaces in residential buildings and create a microclimate in them, taking into account the needs of a particular person.

REFERENCES

1. Paderin V. K., Mitroshina O. V., Gatin I. D. Individualnoe prostranstvo kak obekt sotsiologicheskogo analiza: k postanovke problemy [Individual space as an object of sociological analysis: towards the problem statement]. Kazanskiy socialno-gumanitarny vestnik. [Kazan socio-humanitarian bulletin], 2017. № 5 (28). P. 69–73.

2. Alieva E. M. Dinamika izmeneniya individualnogo obrazovatel'nogo prostranstva mladshikh shkolnikov v protsesse samopoznaniya [Dynamics of changes in the individual educational space of junior schoolchildren in the process of self-knowledge]. Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya [Problems of modern pedagogical education], 2020. № 67-1. P. 282–286.

3. Bezukladova I. Yu. Kategorizatsiya individualnogo prostranstva kak sposob strukturirovaniya okruzhayushchego mira [Categorization of individual space as a way of structuring the surrounding world]. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki [Bulletin of the Tambov University. Series: Humanitarian Sciences], 2011. № 7 (99). P. 153–159.

4. Naumova O. B. Chastnoe prostranstvo v sisteme tsennostey traditsionnogo obshchestva [Private space in the system of values of traditional society]. Etnograficheskoe obozrenie [Ethnographic review], 2014. № 4. P. 77–93.

5. Rymarov A. G., Agafonova V. V. Personalizirovannaya pritochnaya sistema ventilyatsii v pomeshchenii ofisnogo zdaniya [Personalized supply ventilation system in the premises of an office building]. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary equipment], 2019. № 11. P. 60–64.

6. Rymarov A. G., Agafonova V. V. Air supply device to the worker's breathing zone. Materials Science Forum, 931 MSF, 2018. P. 897–900.



7. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Morozov M. S. Povyshenie energeticheskoy effektivnosti sistem obespecheniya parametrov mikroklimata mnogokvartirnykh zhilykh domov [Improving the energy efficiency of systems for providing microclimate parameters for multi-family residential buildings]. *Zhilishchnoe stroitelstvo* [Housing construction], 2015. № 6. P. 48–50.
8. A. Rymarov. Energy saving in the formation of covered courtyards. *E3S Web of Conferences EKO-DOK 2019*. V. 100. P. 00072.
9. Rymarov Andrey, Parfenteva Natalia, Valančius Kęstutis, Sabina Paulauskaitė, Violeta Misevičiūtė. Gaseous and thermal analysis of winter garden used for air regeneration throughout office buildings. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 2018. V. 26. Issue 3. P. 195–201.
10. Brukhanov O., Rymarov A., Malysheva A., Titkov D. Analysis of heat losses of underground tunnel for engineering utilities with available methods. *MATEC Web of Conferences*, 2016. P. 04028.
11. Rymarov A. G. Characteristics of heat-mass exchange modes of mutual influence buildings. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], 2013. № 1 (63). P. 380–382.
12. Rymarov A. G. Monitoring parametrov mikroklimata i kontsentratsiy vrednykh primesey v pomeshcheniyakh zdaniya [Monitoring of microclimate parameters and concentrations of harmful impurities in the rooms of a building]. *Privolzhskiy nauchny zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal], 2014. № 1 (29). P. 61–63.
13. Rymarov A. G., Botnar M. I. Osobennosti izmeneniya temperatury naruzhnogo vozdukha vo vremya rezkogo pokholodaniya v kholodny period goda [Features of changes in outdoor air temperature during a sharp cold snap in a cold period of the year]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University], 2014. № 10 (93). P. 162–167.
14. Rymarov A. G., Botnar M. I. Zavisimost teplopotrebleniya ot dinamiki temperatury naruzhnogo vozdukha v period rezkogo pokholodaniya [Dependence of heat consumption on the dynamics of outdoor air temperature during a cold snap]. *Stroitelstvo: nauka i obrazovanie* [Construction: science and education], 2014. № 3. P. 4.

© А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков, 2021

Получено: 11.01.2021 г.

УДК 627.824(470.21)

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

ОБОСНОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОУЗЛА НА РЕКЕ ЕРГАЛАХЕ В НОРИЛЬСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;

эл. почта: gs@nngasu.ru

Ключевые слова: гидроузел, вечная мерзлота, гидротехнические сооружения, водохранилище.

Приведены природные условия, обоснованы конструкции глухой плотины, водосброса и водовыпуска, представлен план гидроузла.

Создание гидроузла на реке Ергалах необходимо для пополнения запасов подземных вод [1]. Место строительства гидроузла находится в 22 км от истока реки Ергалах, в Норильском промышленном районе.

Климат района резко континентальный. Среднегодовая температура приземного воздуха за период с 1933–2013 гг. равна минус 9,2 °С. Продолжительность периода с отрицательными температурами составляет 240–250 дней (с октября по май).

Характерным для района является повсеместное распространение многолетнемерзлых пород. Мощность многолетнемерзлых пород составляет на водоразделах – 200–400 м, глубина сезонного оттаивания изменяется от десятков сантиметров до 3–4 м.

Инженерно-геологическое строение основания характеризуется данными, приведенными в [1]. Грунты представлены (сверху вниз): песками с гравием и галькой мощностью до 7 м; валунно-галечными отложениями с песчаным заполнителем мощностью 18 м; валунами, песками, галечником, гравием мощностью 40 м; с глубины 65 м залегают базальты. Предполагается, что представленные грунты обладают малой льдистостью и соответственно низкой тепловой осадкой. Однако фильтрационные свойства высокие.

Русло реки умеренно извилистое, ширина его 5–6 м; высота берегов от 0,5 до 5–6 м. Ширина поймы реки Ергалах изменяется от 50–100 м до 200–300 м. Ледоход на реке отсутствует, талая вода течет по поверхности льда.

В районе, как и во многих других территориях, наблюдается рост температуры воздуха (рис. 1).

Цель работы, выполненной по заданию ООО «Гидротехпроект», заключалась в обосновании конструкций сооружений гидроузла на реке Ергалахе.

В гидроузлах на малых реках наибольшее распространение получили плотины из грунтовых материалов. В условиях вечномерзлых грунтов строительство грунтовых плотин проходит по двум основным принципам: талому и мерзлому [2]. Талые плотины могут возводиться из талых, особым образом подготовленных грунтовых материалов либо из мерзлых грунтов с оттаиванием их в процессе строительства или эксплуатации. Возможно и комбинированное строительство, когда часть сооружений являются мерзлыми, другая часть – талая.

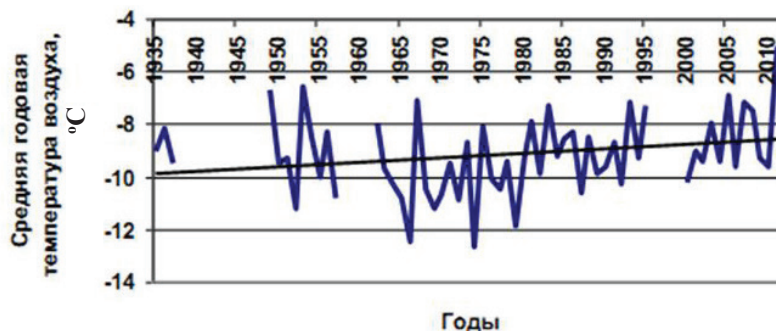


Рис. 1. Изменение средних годовых температур воздуха по данным Талнахской гидрометеорологической экспедиции

Строительство гидроузлов с тальми плотинами рекомендовано тогда, когда грунты основания, переходя из мерзлого состояния в талое, сохраняют несущую способность и фильтрационную прочность, а также при талых грунтах основания (таликах).

Анализируя геологическое строение основания, описанное выше, следует отметить целесообразность строительства плотины по **талому принципу**, но с устройством в основании плотины противофильтрационных мероприятий.

Исходя из этого, предлагается каменно-земляная плотина [3], тело которой сооружается из гравийно-галечникового материала, а противофильтрационный элемент – из глинистого материала. Противофильтрационный элемент предполагается в виде центрального ядра. Между гравийно-галечным материалом и ядром предусматриваются песчаные переходные зоны. При наибольшей глубине водохранилища около 20 м [1] максимальная высота плотины составит 23,8 м. Заложение откосов плотины: верхового – 1:3, низового – 1:2,5; ширина гребня – 4,5 м. Верховой откос для защиты от воздействия ветровых волн и льда крепится каменной наброской в пределах изменения УВБ.

Низовой откос, с целью уменьшения конвекции воздуха в низовой призме, покрывается песчаным материалом. Для защиты покрытия от размыва жидкими осадками на него укладывается растительный грунт с посевом многолетних трав.

Для защиты низового откоса от воздействия высоких уровней в период половодья в нижней части устраивается наклонный дренаж из каменной наброски.

Толщина ядра поверху из условий работ принимается равной 1,0 м, а понизу – из условия фильтрационной прочности при критическом градиенте напора, равном 8,0. При учете также производства работ толщина ядра понизу принимается 5,0 м.

Сопряжение ядра с нескальным основанием предлагается с помощью инъекционной завесы глубиной в русле порядка 10 м. Завеса позволит снизить скорость фильтрации в основании и опасность нарушения фильтрационной прочности. В мерзлых грунтах завеса выполняется после предварительного оттаивания грунтов. Материал завесы и ее параметры требуют дальнейших проработок. Конструкция плотины показана на рис. 2.

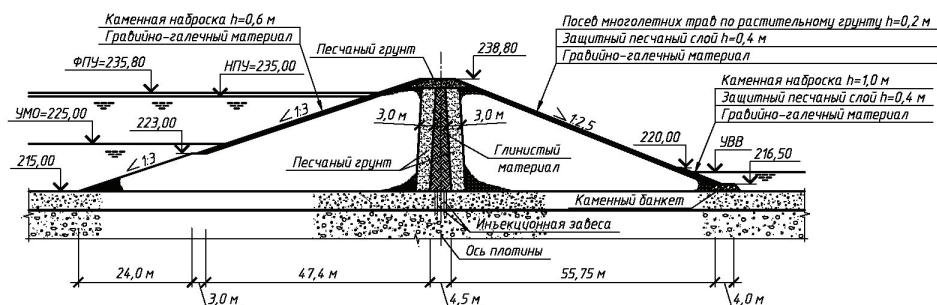


Рис. 2. Русловой профиль плотины

Водосброс предназначен для удаления избыточного притока воды в водохранилище в целях предотвращения его переполнения.

В качестве расчетного расхода водосброса была принята величина $Q_{0,5\%} = 23,0 \text{ м}^3/\text{с}$ по данным [1].

В результате рассмотрения нескольких вариантов была выбрана конструкция водосброса в виде берегового открытого сооружения автоматического действия с боковым отводом воды. Такая конструкция наиболее целесообразна при сбросе весеннего льда реки и водохранилища. Порог водосброса располагается на отметке НПУ, сброс максимального расхода производится при форсировке УВБ на 0,8 м. Длина водосливного фронта составила 20 м.

В составе гидроузла предусматривается водовыпуск. Он предназначен для пропуска строительных расходов, а также для опорожнения водохранилища. Водовыпуск состоит из входного железобетонного оголовка, отводящей трубы и выходного оголовка. Диаметр отводящей трубы по ГОСТ 10704-91 принят равным 530 мм. Для маневрирования расходами водовыпуска устанавливаются задвижки в защищенном от промерзания колодце. Привод задвижек – электрический.

Следующей задачей была разработка компоновки гидроузла, т. е. разработка лучшего размещения сооружений гидроузла с учетом их взаимного влияния и пропуска строительных расходов. С целью снижения затрат в сооружения для строительных расходов с учетом сравнительно небольших сроков строительства была предложена следующая схема пропуска воды в период строительства:

- строительство ведется на пойменных участках реки, строительные расходы в это время проходят по русловому участку реки;
- в зависимости от сроков строительства возможны одно или два периода пропуска половодья;
- в период после последнего пропуска половодья сооружается водовыпуск;
- при закрытии руслового участка плотины (в летне-осеннюю межень) расходы воды пропускаются по водовыпуску;
- наконец, по готовности руслового участка плотины перекрывается водовыпуск и производится подъем уровня водохранилища;
- следующий сброс половодья производится по эксплуатационному водосбросу.

Разработанная компоновка в виде плана гидроузла дана на рис. 3.

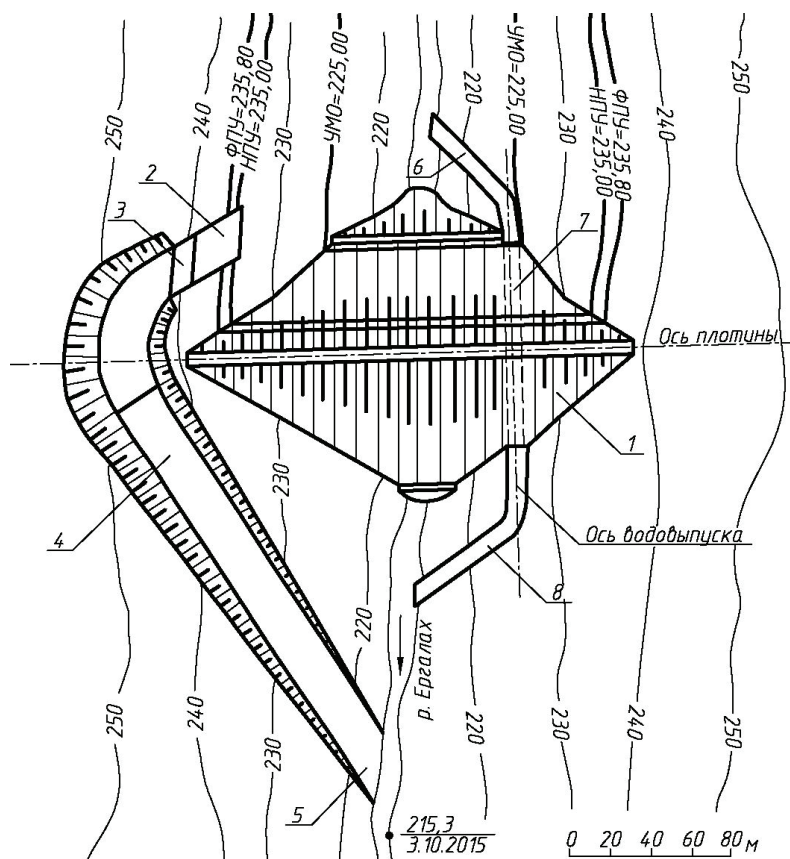


Рис. 3. План гидроузла: 1 – глухая каменно-земляная плотина; 2 – подводящий канал водосброса; 3 – порог водосброса; 4 – быстроток; 5 – гаситель энергии воды; 6 – подводящий и 8 – отводящий каналы водовыпуска; 7 – труба водовыпуска

Гидроузел предназначен для увеличения водообеспеченности Ергалахского месторождения подземных вод. Водозабор, питающийся из этого месторождения, предназначен для хозяйственно-питьевого водоснабжения Норильского горно-металлургического комбината.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Выполнение комплекса геологоразведочных работ и инженерно-геологических изысканий, направленных на обоснование оптимальной схемы водопользования Ергалахского водозабора: заключительный отчет выполненных работ. – Апатиты: Мурманская ГРЭ, 2016. – Текст : непосредственный.
2. Биянов, Г. Ф. Плотины на вечной мерзлоте / Г. Ф. Биянов. – Москва: Энергия, 1975. – 184 с. – Текст : непосредственный.
3. Февралев, А. В. Проектирование гидроэлектростанций на малых реках / А. В. Февралев / Горьковский инженерно-строительный институт им. В. П. Чкалова. – Горький: ГИСИ, 1990. – 78 с. – Текст : непосредственный.



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

THE JUSTIFICATION OF STRUCTURES OF THE HYDRO SYSTEM ON THE ERGALAKHRIVER IN THE NORILSK INDUSTRIAL DISTRICT

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-42-89;
e-mail: gs@nngasu.ru

Key words: hydrosystem, permafrost, hydraulic facilities, reservoir.

The article describes natural conditions, justifies designs of a remote dam, a spillway and a water release, presents the layout of the hydrosystem.

REFERENCES

1. Vypolnenie kompleksa geologorazvedochnykh rabot i inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy, napravlennykh na obosnovanie optimalnoy skhemy vodopolzovaniya Ergalakhskogo vodozabora: zaklyuchitelny otchyot vypolnennykh rabot [Implementation of a complex of geological exploration and engineering-geological surveys aimed at establishing the optimal scheme of water use of the Ergalakh water intake: final report on the completed works]. – Apatity: Murmanskaya GRE, 2016.
2. Biyanov G. F. Plotiny na vечноy merzlote [Dams on permafrost] / Moscow: Energiya, 1975, 164 p.
3. Fevralyov A. V. Proektirovanie gidroelektrostantsiy na mal'kikh rekakh [Design of hydroelectric power plants on small rivers] / Gorkovsk. Inzhener.-stroit. in-t im. V. P. Chkalova. Gorky: GISI, 1990, 78 p.

© **А. В. Февралев, 2021**

Получено: 30.12.2020 г.

УДК 72.036

А. А. ХУДИН, канд. архитектуры, доц. кафедры архитектурного проектирования

ПЕРИОДИЗАЦИЯ СТИЛЯ «ПОСТМОДЕРНИЗМ» В ЗАРУБЕЖНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: hoodin-alex@yandex.ru

Ключевые слова: стиль, постмодернизм, архитектура, теория архитектуры, история архитектуры.

Рассматривается проблема периодизации архитектуры постмодернизма. Данное стилистическое явление до сих пор не изучено полностью и до текущего момента не получило однозначного и консенсусного определения, не выявлены его начало и конец, в трудах теоретиков отсутствуют принятые стадии его развития. Прояснение данной проблемы позволяет решить один из сложнейших вопросов истории архитектуры XX века.

Ко времени Миллениума ни у теоретиков, ни у практиков уже не было никаких сомнений, что именно постмодернизм занимает во всех видах искусства, и прежде всего в архитектуре, место ведущего стиля на фоне других, параллельно с ним сосуществующих. Ряд вопросов, сформулированных зарубежными теоретиками еще в 1970-е годы, выходят на первый план и становятся приоритетными. Концепция Постмодернизма, которая в 1970-е годы была формой едва ли не «партизанской» и крайне полемической, стала общепринятой и доминирующей. Плюрализм становится общепризнанной культурной нормой. Постмодернизм в архитектуре в наши дни, прежде всего, означает признание права сосуществования «Различий» во всем их множестве, богатстве, противоречивости. Именно в признании равноправия *Различного* коренится необходимая положительная ирония, умение видеть ситуацию «сверху и со стороны», при которой занятие той или иной позиции не означает элиминацию (исключение) прочих. Одним из факторов, повлиявших на формирование плюралистического подхода в искусстве и культуре, стал факт открытия и признания Мира в XX веке, в котором сосуществуют множественные формации, находящиеся на разных этапах развития идвигающиеся альтернативными путями, а также понимание невозможности сведения воедино этих направлений, с приведением к общему знаменателю.

К 2000-м годам этот сложный многовекторный стиль обретает окончательную форму, ясные и четкие контуры, позволяя однозначно и без каких-либо сомнений определять природу и сущность этого явления, не боясь, что течение времени, сделав неожиданный поворот, изменит свою траекторию; русло, в котором движется этот поток, более не меняет себя. Постмодернизм, проявляясь и как культурное явление, и как социальный феномен, своим охватом и глобальностью, без сомнения, претендует на звание именно стиля, а не просто тенденции или временной моды. Проявившись в искусстве, философии, науке, постмодернизм максимально выпукло выразился в архитектуре, как в одной из основных форм своей реализации. Далеко не во всех стилях прошлого архитектуре удавалось выходить на первый план и определять пути культуры, так серьезно и глубоко, как произошло в конце XX века.



Революционное возвращение к историзму (создание зданий-гибридов), объединило в себе как элементы прошлого, так и настоящего одновременно. Однако триумфальное возвращение эклектики, орнаментики, метафор, соединение высоких технологий и локальных культурных кодов, здания, «говорящие» на нескольких уровнях одновременно – все это произошло далеко не одновременно. При анализе процесса развития зарубежной архитектуры постмодернизма возможно выделить несколько этапов, обладающих принципиальными и характерными различиями. Стадии развития стиля могут быть отклассифицированы по четырем крупным этапам (и восьми малым).

В этом исследовании предлагается собственная авторская версия деления стилевого процесса на периоды, но полагается допустимым провести ряд параллелей с теориями американского философа и историка Т. Куна (*Thomas Samuel Kuhn*) (1922–1996) ввиду того, что автор понимает стиль не как узко-искусствоведческое понятие, а как глобальное культурное явление, выражающее самую суть преобразований человеческого взгляда на мир, ментальности и т. д. Также уместно по ряду параметров сопоставить данный порядок с Гумилевской теорией этногенеза (Л. Н. Гумилев, советский ученый и писатель, 1912–1992), с которой можно провести ряд гипотетических параллелей без ущерба для ясности процесса развития и угасания стиля как части циклических общеисторических процессов. А также возможна прямая проекция на теорию соционики и определенная близость к идеям о процессах социальной динамики общества в историческом развитии согласно исследованиям последователей, швейцарского ученого, основоположника аналитической психологии К. Юнга (*Carl Gustav Jung*, 1875–1961).

Итак, относительно архитектурного стиля, обобщенно можно говорить о смежных четырех формаций внутри каждого стиля, в следующей последовательности:

1. (Этап Альфа) – формирующе-образующий стилевой этап (самоорганизация культурных процессов в новый стиль);
2. (Этап Бета) – доминирующе-организующий стилевой этап (борьба с предыдущим стилем);
3. (Этап Гамма) – кульминирующе-инерциальный стилевой этап (оформление и существование нового стиля);
4. (Этап Дельта) – затухающе-вырождающийся стилевой этап (существование оформленного стиля, присутствие его без доминирования в общем архитектурном потоке).

Согласно нашему предположению, проистекающему из рассмотрения смежных эпох премодерна, модерна, а затем – модерна постмодерном, стиль проходит через череду качественно различных этапов – неудовлетворенности наличествующим, предощущения нового, поиска, идентификации, интерпретации, рационализации, декларации, персистента (стабильности, статичности) его концепции и формы. В данном исследовании мы выделяем именно восемь этапов так, чтобы они конкретизировали и детализировали четыре укрупненных блока стилевой динамики. Рассмотрим их более детально:

Этап Альфа. Первый и второй периоды

Первый период – момент выхода стилистической парадигмы из устойчивого состояния (эквивалента Куновской «аномалии») начинается с момента ощущения «неудовлетворенности» существующей стилистической данностью в архитектуре, факта ощущения не реализации ожиданий, предлагаемых наличествующей данностью. Этот этап характеризуется «взглядом вовнутрь» и возникновением критики существующего стиля (в нашем исследовании – модернизма), поиска путей



модификации наличествующего. Состояние неопределенности, неясности, хаоса (толчок или дрейф, согласно Л. Н. Гумилеву).

Вторым периодом дестабилизации становится «предошущения» над\сверх-порядка, либо обнаружение элементов чуждых данному порядку, ввиду того, что наличествующая теория и методология не удовлетворяет тем или иным задачам, устанавливаемым временем и его новыми реалиями. Этот этап характеризуется не только наличием критики и попыток трансформаций существующего, но и формированием взгляда, направленного вовне замкнутой системы данного стиля. Сопровождается возникновением напряжения, а затем сопротивления и реакции в ответ на обесценивание установок наличествующего стиля, ощущением истощенности старого, в сочетании со сложностью предсказания нового. Новая идентификация не сформирована. (Эквивалентно куновскому – «Банкротство существующих правил означает прелюдию к поиску новых»). Инкубационный период, согласно Л. Н. Гумилеву).

Первый и второй периоды можно просуммировать в Этап Альфа, для которого характерны следующие черты, выражающие себя во множестве культурных факторов: революционность; открытость новому; стремление к переменам; поиск альтернатив; открытие новых перспектив; неформальность подходов; динамичность; интерес к оригинальным концепциям, скептическое отношение к догматизму; отказ от зарегулированности, нормативности, каноничности; ломка отжившего, устаревшего; экспериментирование.

К этапу Альфа, при рассмотрении теории и практики архитектуры постмодернизма возможно отнести период 1960-х годов. Данный период выражался в формировании ряда последующих концепций, взглядов и идеологем, а также в следующих ключевых событиях: предположение о конечности эпохи модерна, гипотеза о наличии этапа, следующего за ним (Ф. Джеймисон, В. Гропиус); внутренняя критика модернизма в архитектуре, сомнение в его ценностях, высказывание предположений о его антигуманной, деструктивной природе (Т. Адорно, М. Хоркхаймер, К. Ясперс, Г. Зельдмайр, В. Беньямин); критика основ архитектуры модернизма (Ф. Райт, П. Рудольф, А. Ротх, М. Роберто, Э. Контини, Р. Рапсон, М. Тафури); предположение о наступлении новой эпохи постмодерна (М. Райт, И. Хоуи, А. Этциони); возникновение новых подходов и стратегий в искусстве, архитектуре и культуре (У. Эко, Ж. Бодрийяр); попытки определения феномена завершения современности (Г. Левин, И. Хоуи); видение возникновения нового стиля в архитектуре; восприятие его ранней, неоформленной структуры; предощущение глобальных перемен (Н. Певзнер, Д. Стирлинг, Э. Роджерс, Ф. Джонсон, Л. Кан, К. Линч, А. Росси, К. Александр, В. Скалли); возникновение ранних форм историзма (Ф. Джонсон, А. Росси, Р. Вентури, М. Тафури, В. Скалли); возникновение новых подходов и стратегий в архитектуре (Х. Холляйн, Д. де Карло); возникновение первых пересечений между архитектурой и семиотикой (Р. Барт, Д. Байрд).

Этап Бета - третий и четвертый периоды

Третьим периодом в развитии постмодернизма в архитектуре как стиля можно считать этап «поиска» нового, возникающего в виду осознания, что возможная редактра границ наличествующего стиля приводит к его деформации и утрате сущностного ядра. Этот этап характеризуется устойчивым взглядом вовне и поиском альтернативных форм для идентификации, ощущением кризиса (иногда даже катастрофы), выходом за привычные рамки и установки. Наблюдается разрыв между имеющимся и желаемым. Происходит усиление реакции, порицание и от-



вержение предлагаемого нового, деканонизация прошлой идеологической формации. Начинается борьба за новую идентификацию, которая формируется посредством оппозиционности предшествующему (подъем, согласно Л. Н. Гумилеву).

Четвертым периодом можно полагать стадию нахождения той или иной формы выражения, которая не укладывается в рамки предыдущего стиля и чаще всего является диаметрально противоположной по отношению к нему. Примыкание, объединение, «идентификация» с этой формой создает устойчивую эскалацию конфликта и противостояние по отношению к предыдущему стилю. Отмечается активная борьба с ценностями и идеалами прошлого. Установки прошлого стиля элиминируются (исключаются). Происходит усиление реакции. (Соответствует куновскому «переходу от нормального к экстраординарному» состоянию. Акматическая фаза (фаза колебания), согласно Л. Н. Гумилеву).

Третий и четвертый периоды можно просуммировать в Этап Бета, для которого характерны следующие черты: активная деятельность, энергичность и решительность; целенаправленность; борьба за новый порядок и внедрение новых порядков; организация новых структур; отстаивание принятых решений; переоценка ценностей и отстаивание новых; склонность к жесткой критике предыдущей формации.

К этапу Бета при рассмотрении постмодернизма возможно отнести период 1970-х годов. Данный период выражался в формировании ряда следующих концепций, взглядов и идеологем, а также в следующих ключевых событиях: генезис концепта постмодернизма в социологии и культурологии (В. Каволис, Д. Белл, А. Лефевр); генезис концепта постмодернизма в литературоведении (Ф. Лесли, У. Спанос, М. Биби, Р. Вассон); генезис концепта постмодернизма в философии (И. Хассан, Ф. Джеймсон, Ж. Лиотар); возникновение антимодернистской критики в архитектуре (М. Тафури, П. Блейк, Ф. Джонсон, Т. Олдос, М. Куло, Б. Чуми); актуализация фазы перехода от модернизма к постмодернизму (П. Айзенман, К. Роуи, Б. Чуми, Л. Мамфорд, М. Тафури); генезис концепта постмодернизма в архитектуре (Р. Стерн, П. Голдбергер, Р. Вентури, Д. Браун); возникновение концепции контекстуализма, отказ от архитектуры вне конкретного локуса (А. Росси, Т. Шумахер, К. Норберг-Шульц); возникновение концепции архитектуры «ад хок» (Ad Hoc) (концепция, призывающая при проектировании учитывать прежде всего реальные условия данного места, конкретные обстоятельства, вкусы будущих потребителей) (Н. Сильвер, Ч. Дженкс); возникновение концепции коллажа (как средства художественной выразительности) (Р. Слуцки, К. Роуи); возникновение концепции метафоризма в архитектуре (когда метафоры помогают раскрыть сущность нового объекта на основании его сходства с другим объектом) (Д. Холлиер, Д. Сильветти); возникновение концепции историзма – обращения к различным историческим стилям, в том числе маньеризму (К. Роуи, М. Штейнман, Р. Смит, Ю. Йодике), эклектике (Ф. Джонсон, Д. Рикверт, П. Айзенман, А. Росси); смена урбанистических воззрений, формирование концепции «нового урбанизма», альтернативной идеям модернизма, обращения к ценностям традиционного разнообразного города, его истории (Л. Крие, Р. Крие, Р. Кулхас); формирование ранних теорий архитектурной семиотики, позволяющих объяснить язык постмодернистской архитектуры (П. Айзенман, М. Галденсонас, Б. Дзеви, Д. Агрест, Д. Бродбент, Р. Барт, Ч. Дженкс); формирование полемики и критики вокруг феномена постмодернизма на уровне постмодернистской философской мысли и постмодернистской архитектуры (произведений и проектов) (М. Сколари, Б. Юэ); возникновение точки консенсуса в архитектурной теории постмодернизма (Ч. Дженкс).



Этап Гамма - пятый и шестой периоды

Пятым периодом можно считать стадию «интерпретаций», выбранную для идентификации формы, сводящейся обычно к обозначению качеств, свойств и параметров постмодернистских архитектурных произведений, отличных от предыдущего этапа. Этот этап характеризуется активной полемикой вокруг частностей нового явления, происходит образование различных альтернативных групп и течений внутри стиля. Возникает принятие и признание факта существования нового стиля как очевидного факта и особенно как отличного от предыдущего стиля. Активность в идеализации новой идентификации уменьшается (надлом, согласно Л. Н. Гумилеву).

Шестым периодом является стадия, направленная на «рационализацию» идентификации, сводящуюся к выстраиванию однозначных границ, осей и центров оной. Этот этап отличается высоким уровнем консенсуса и достижением соглашений по принципиальным аспектам идентификации постмодернизма в архитектуре. Возможно развитие внутренней критики и полемики (инерционная фаза, согласно Л. Н. Гумилеву).

Пятый и шестой *периоды* можно просуммировать в этап Гамма, для которого характерны: самодостаточность; развитие принятых идентификаций; накопление, потребление; стойкость, противодействие, защищенность относительно критики; зрелость; инерциальность; непостоянство; появление «подводных» течений; самокритичность.

К блоку Гамма, при рассмотрении постмодернизма возможно отнести период 1980-х годов. Данный период выражался в формировании ряда следующих концепций, взглядов и идеологем, а также в следующих ключевых событиях: развитие антимодернистской критики в архитектуре за однообразие и монотонность, за элитарность, за разрыв с традициями и историей (А. Хакстейбл, Ю. Хабермас, Т. Вулф, Л. Крие, М. Фуко, Ч. Уэльский, Р. Кулхас, Дж. Барфорд, М. Рустин); развитие концепта постмодернизма в социологии и культурологии, основанного на формировании нового типа мышления, методологии познания общества на более широких предпосылках, чем рационалистические, на тех основаниях, что общество не исчерпывается рационалистическими представлениями, (Р. Рорти, У. Эко, У. Бек, Д. Коллинз, С. Коннор); развитие концепта постмодернизма в литературоведении, основанного на сосуществовании в едином культурном пространстве предельно разных, опирающихся на противоположные эстетические принципы направлений, а также связанного с представлением, что каждый писатель – это «свободный художник», имеющий право в любой момент выйти за рамки общей тенденции. Литератор доверяет не научному познанию, а интуитивному поэтическому мышлению с его ассоциативностью, образностью, метафоричностью (Т. Иглтон, А. Хуссен, Ч. Ньюман, У. Эко); развитие концепта («концепт – это событие, а не сущность» по определению Ж. Делеза, это конкретная конструкция) постмодернизма в философии направлена на то, чтобы видеть, куда ведет творчество в эпоху постмодерна, высказывая при этом философскую позицию, противоположную модернистской философии в искусстве и архитектуре, выступая за интерпретационное мышление (Ж. Бодрийяр, Ф. Джеймисон, Ж. Лиотар, Ю. Хабермас, Д. Ваттимо, И. Хассан, М. Феррарис, Ж. Делез); развитие теории кризисности состояния архитектуры периода постмодернизма, связанной с вопросами переоценки ценностей (Ф. Кеттер, К. Роу, М. Хейс); попытки определения постмодернизма в архитектуре, развитие его теорий в связи со сложностью и многовекторностью данного явления (Ю. Хабермас, Р. Стерн, П. Портогези,



Л. Вудс, Д. Весли, Л. Хатчеон, М. Калинеску, Ч. Дженкс, Д. Харви, Р. Бофилл); формирование новых подходов и методов в постмодернистской архитектуре при стремлении к уходу от штампов и возвращению индивидуальной выразительной образности зданий при возможном заимствовании у исторических стилей (Д. де Карло, Б. Чуми, Р. Стерн, П. Айзенман, П. Голдбергер, Р. Брюгманн, В. Вельш, И. де Сола-Моралес, А. Колкьюхон, К. Норберг-Шульц, Д. Порфирий); сложение истории архитектуры постмодернизма в последней трети XX – начале XXI вв. (Г. Клоц, Б. Дзеви, М. МакЛеод); развитие теории историзма, традиционализма – ретроспективных стилистических течений в архитектуре постмодернизма, использующих в своем художественном языке знаки, отсылающие к истории (В. Дудок, Х. Фостер, Б. Чуми, Р. Адам, М. Ботта, Л. Стейл, К. Аслет, Д. Порфирий, Ч. Дженкс); развитие теории вернакулярности (учет местных традиций архитектуры) и регионализма (отражение культуры и традиций, ведущее к самобытности современной архитектуры) в архитектуре постмодернизма (Д. Чейз, К. Фремpton, Ю. Паллазма, Ч. Дженкс, П. Портогези, Д. Порфирий); формирования урбанистических постмодернистских теорий, связанных с осмыслением городского пространства и процессов, происходящих в нем (П. Верильо, М. де Серто, А. Колкьюхон); формирование концепций деконструктивизма в архитектуре, проявляющихся в новых интерпретациях архитектурных форм, отрицающих рациональность и обладающих определенными вызовами, агрессией, динамикой по отношению к окружающей среде. Эти идеи тесно связаны с философскими трудами (Ж. Деррида, Б. Чуми, М. Вигли, Ф. Джонсон); развитие теорий семиотики – науки, исследующей свойства знаков и знаковых систем в архитектуре постмодернизма, которая выступает как совокупность знаков и символов (Д. БROADBENT, М. Грейвз, М. Доноуго, П. Айзенман).

Этап Дельта – седьмой и восьмой периоды

Седьмым периодом – «декларации» – можно считать стадию полного консенсуса и презентации сформированной концепции постмодернизма в архитектуре. Этот этап специфичен формированием авторитетных и академических позиций по данной проблематике. Система становится конвенциональной, в плане отреагирования, оценивания, соотнесения с прочими. Конфликты вокруг системы отсутствуют (обскурация (упадок), согласно Л. Н. Гумилеву).

Восьмой период – «персистентность» – своеобразное устойчивое состояние стиля как полностью определенной, выявленной и обозначенной концепции, которая уже не подвержена скепсису и отрицанию. Этот этап специфичен доминированием стиля над всеми крупными потоками культурной активности. Конфликты вокруг системы отсутствуют, начинается медленное угасание стиля и возврат к нулевой точке отсчета (мемориальная стадия, согласно Л. Н. Гумилеву).

Седьмой и восьмой этапы можно просуммировать в Этап Дельта, для которого характерны: угасание, замирание активности; невмешательство в культурный процесс; стабильность; равновесие; консерватизм; потребление результатов достигнутого; отсутствие рисков перемен; допуск новых поисков; плюрализм; интерес к альтернативам.

К Блоку Дельта при рассмотрении постмодернизма в зарубежной архитектуре возможно отнести период 1990-х годов. Данный период выражался в формировании ряда следующих концепций, взглядов и идеологем, а также в следующих ключевых событиях: спад антимодернистской критики по поводу положения, что постмодернизм есть отрицание идей модернизма (Р. Крие); сложение концепта постмодернизма в социологии и культурологии (З. Бауман, М. Калинеску, М. Ларсон, С. Моравски, Т. Иглтон); сложение концепта постмодернизма в фило-



софии (Г. Раулет, Ж. Заруччи, Ф. Анкерсмит, Г. Бертенс, И. Хассан); возникновение историографии постмодернизма, его влияние на исторические исследования (Д. Кельнер, П. Андерсон); сложение и окончательное формирование консенсуса по термину постмодернизм в архитектуре (Ф. Джеймисон, К. Курокава, К. Норберг-Шульц, Д. Жирардо, Ч. Дженкс); новые подходы (новые эстетические критерии, новые художественные принципы, новое понимание соотношения архитектуры и жизни, новое философское обоснование разнообразного экспериментирования) (Р. Вентури, Дж. Сильветти, Ф. Гери, В. Скалли, Н. Лич, Р. Твомбли, Э. Видлер, Д. Кипнис, П. Дилэни, Т. Бодди, П. Сен-Пьер); развитие теории консерватизма в архитектуре постмодернизма (т. к. постмодернистская философия соответствует консервативной интеллектуальной традиции) (А. Пападакис, Ч. Уэльский, Л. Крие); развитие теории новой эклектики в архитектуре постмодернизма (М. Крук); развитие урбанистических постмодернистских теорий (Н. Эллин); развитие концепций деконструктивизма в архитектуре постмодернизма (отказ от целесообразности, от пользы, функциональности, использование принципов контрастности, создания индивидуальных усложненных форм, конструкций и пространства) (Ж. Деррида, П. Айзенман, Д. Либескинд, Ж. Кипнис, Г. Линн, М. Вигли); возникновение теории пост-постмодернизма в которой виртуальная реальность занимает одно из ключевых положений, декларация перехода на качественно новый уровень воссоздания культурных пластов информации (В. Сифер, В. Вельш, Т. Тернер).

Таким образом, нами впервые сформулирована гипотеза о последовательности и стадиях развития постмодернизма на основании изучения основных теоретических концепций, его составляющих, от момента его возникновения с выявлением особенностей и специфик его преобразований с течением времени. Составление периодизации стиля «постмодернизм» позволяет разобраться в эволюции значимого многогранного стиля в мировой архитектуре второй половины XX и начала XXI столетий.

KHUDIN Aleksey Aleksandrovich, candidate of architecture, associate professor of the chair of architectural design

PERIODIZATION OF THE "POSTMODERNISM" STYLE IN FOREIGN ARCHITECTURE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: hoodin-alex@yandex.ru

Key words: style, postmodernism, architecture, theory of architecture, history of architecture.

The article considers the problem of periodization of the architecture of postmodernism. This stylistic phenomenon has not yet been fully studied and until now has not received an unambiguous and consensus definition, its beginning and end have not been identified, in the works of theorists there are no accepted stages of its development. Clarification of this problem makes it possible to solve one of the most difficult questions of the history of architecture of the twentieth century.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Postmodernism or the cultural logic of late capitalism // New Left Review, № 146 (July-August) 1984, p. 59–92.
2. Best S., Kellner D. Postmodern Theory/ – NY: Guilford Press, 1991, 324 p.
3. Bertens H. The idea of the postmodernism / – London: New Fetter Lane, 1995, 289 p.
4. Anderson P. The origins of postmodernity / – London: Verso, 1998, 202 p.
5. Hassan I. Toward a concept of postmodernism / The Postmodern Turn, 1987, 10 p.

© А. А. Худин, 2021

Получено: 24.12.2020 г.

УДК 004.8:72.007

Ю. Э. ЧМИР, аспирант, асс. кафедры градостроительства и городского хозяйства, директор инженерно-технической школы «Инжетроник»;
Д. В. КАРЕЛИН, канд. архитектуры, доц., зав. кафедрой градостроительства и городского хозяйства

ПУТИ ИНТЕГРАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА И АДАПТАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113. Тел.: (953) 785-20-99,
(913) 388-00-04; эл. почта: ggxsibir@mail.ru, yu.chmir@sibstrin.ru

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), творческая парадигма архитектора, партнерство, формообразование.

Искусственный интеллект (ИИ) как дисциплина уже пронизывает бесчисленные области, привнося средства и методы для ранее нерешенных проблем во всех отраслях. Появление искусственного интеллекта в архитектуре еще только начинается, но оно дает многообещающие результаты [1]. Такой потенциал представляет собой нечто большее, чем просто возможность, и представляет важный шаг вперед в деле усовершенствования нетрадиционной архитектуры. Наша работа предлагает подтвердить это обещание применительно к искусственной среде. В частности, мы предлагаем партнерство ИИ и архитектора для анализа и генерации форм создания идеи, а также принцип работы искусственного интеллекта при оценочной стоимости многоквартирного жилья, анализируя цифровой след – процесс потребления, определяющий жизнь горожанина.

Современные тенденции в области проектирования – это интенсификация процессов автоматизации, использующих новейшие технические достижения, рационально применяя их в творческом процессе создавая современные здания и сооружения.

Антропогенез и развитие строительных технологий протекает в диалектическом взаимодействии – возникновение новых типов объектов способствует созданию новых материалов и конструкций, которые, в свою очередь, стимулируют появление совершенных зданий, прогрессивных архитектурных форм. Структурное взаимодействие необходимо между архитектором и конструктором (см. рис. 1 цв. вклейки).



Сложившиеся бионические объекты подтверждают целостность формы природоподобных систем и их конструктивную особенность [2].

«Высокая доля специалистов считает, что можно найти свой способ решения задач на ЭВМ, который даст либо подобный результат, либо даже лучший с точки зрения точности. Специалисты этого направления неоднократно демонстрировали свое искусство по созданию программ такого рода» [3].

«Доминирующий вектор в проблеме искусственного интеллекта формулируется как информационный. Сторонники данного подхода считают, что основной целью работ является не построение технического аналога биологической системы, а создание средств для решения задач, традиционно считающихся интеллектуальными» [3].

«Естественный интеллект человека – это его способность при необходимости обучаться тому или иному виду творческой деятельности. Сформировавшееся определенным образом в условиях технологического прогресса коллективное мышление сделало возможным творческое решение практически всех без исключения проблем, которые возникали по «ходу жизни» на предприятиях и в организациях, и на которые никаких готовых ответов-алгоритмов в самой системе не было. Полученная особенность легко соотносима со свойствами естественного интеллекта обучаться и применять имеющиеся знания и опыт в новой ситуации для решения незнакомой задачи» [4]. Имеется группа исследователей, которая занимается определением лица искусственного интеллекта.

Фундаментальная задача архитектурного поиска – оптимальная взаимосвязь функции и формы. Проектирование объекта сравнимо с термодинамической системой, но состоящей, в свою очередь, из множества простых и повторяющихся задач, которые являются ежедневной работой архитекторов и конструкторов. В группе процессов формируются многократно повторяющиеся процессы механического характера, назовем несколько примеров:

- проставление размеров, выноска;
- учет мероприятий национальных стандартов безопасной эксплуатации при проектных конструктивных решениях;
- учет требований безопасности эвакуации (исходя из пожарных требований и требований МГН);
- применимость стройматериалов, подходящих под климатические условия;
- организация уклона кровли для сбора дождевой и талой воды;
- проверка на внутренние ошибки (пересечения), элементы, не перекрывающие друг друга.

Некоторые существующие программные продукты специализируются на этих операциях, позволяют периодически проверять 3d-модель по списку определяемых пользователем правил.

Изучая конструкции гражданских и промышленных зданий, в качестве предмета курса рассматривается конструирование зданий как закономерный процесс образования материально-конструктивной основы архитектурных форм [5]. Рассмотрим гипотезу для обработки данных на основе ИИ.

Смоделируем возможное использование искусственного интеллекта в области архитектуры, в частности BIM – построение информационной модели. Что если в BIM внедрить ИИ, учитывающий при этом стандартизацию, тем самым увеличим партнерство между ботом и специалистами в области архитектуры и конструктивных решений. Данное внедрение поспособствует выходу на новый

К СТАТЬЕ Ю. Э. ЧМИР, Д. В. КАРЕЛИНА
«ПУТИ ИНТЕГРАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА
И АДАПТАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ»

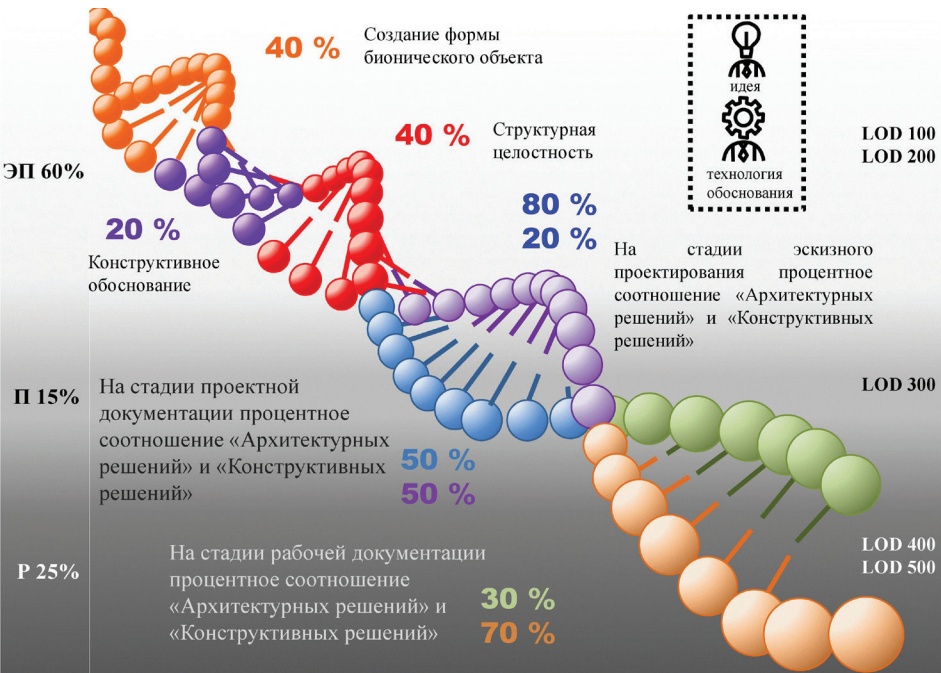


Рис. 1. Цикл взаимодействия архитектурных решений и конструкторских на этапе эскизного проектирования, проектных решений и рабочей документации

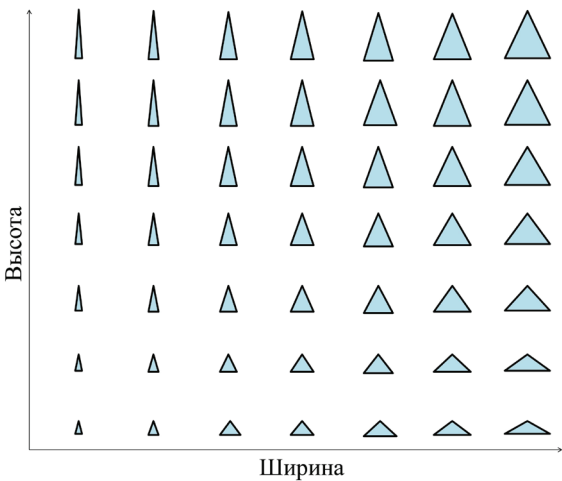


Рис. 2. Обучение искусственного интеллекта при формообразовании треугольного элемента в зависимости от заданных свойств при учете воздействий внешних факторов, влияющих на формообразование

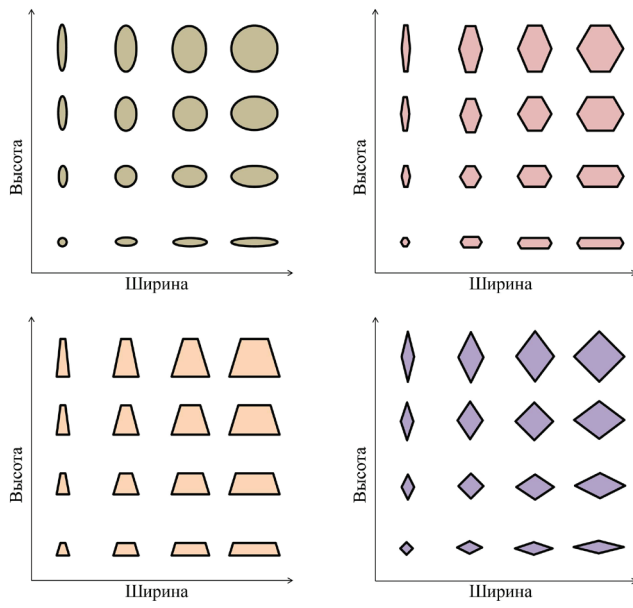


Рис. 3. Обучение искусственного интеллекта при формообразовании различных элементов в зависимости от заданных свойств при учете воздействия внешних факторов, влияющих на формообразование

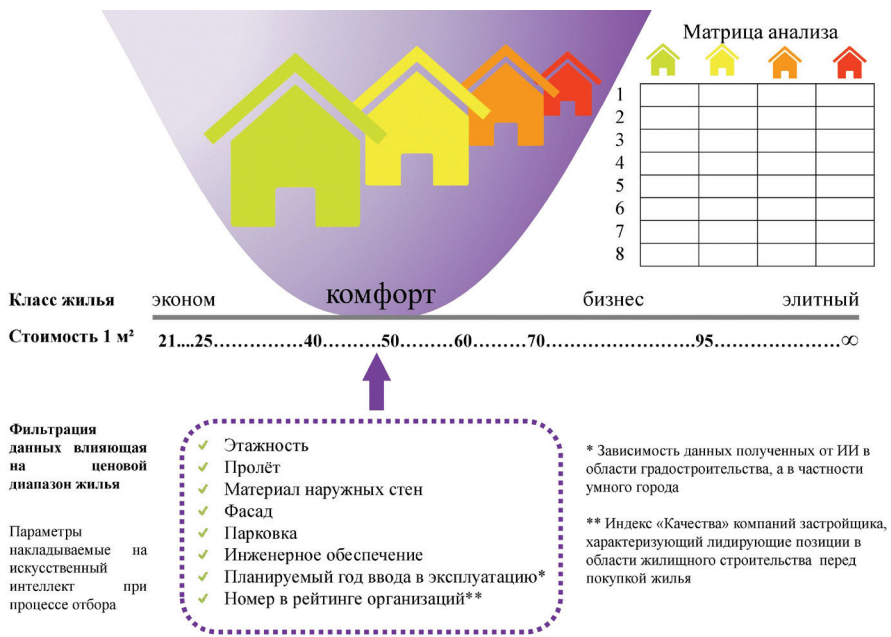


Рис. 4. Принцип работы искусственного интеллекта при оценочной стоимости многоквартирного жилья в области цифровых данных



уровень. Обеспечивая унифицированный язык экспорта и добавив семантику к 3d-моделям, специалистам помогает прогрессировать то, что может сделать машина.

В процессе преобразования материальной среды архитектурная концепция в базовой интерпретации – абстрактная идея. Данная идея насыщается на протяжении всего процесса проектирования, связанного со многими факторами и развивающегося по мере роста данных. Рассмотрим творческую парадигму возникновения и формирования объекта в архитектурной деятельности, заключающуюся в подходах к проектированию [6].

Есть несколько областей, на которых архитектор сосредоточивается на ранних этапах разработки эскизного проекта. Эти области могут быть использованы на протяжении всего проекта, вплетены друг в друга по мере развития проекта.

Классифицируем следующим образом:

Функциональный. Есть типы зданий, функция которых является приоритетной. Например, при разработке конструкций производственного здания функциональная особенность данного объекта будет иметь определенные требования, зависящие от технологических процессов, происходящих внутри. Аналогичным примером является медицинское учреждение – здание должно быть эффективно использовано, согласно функциональной особенности. При проектировании архитекторы традиционно ориентируются на сложившуюся триаду Витрувия (польза, прочность, красота) [7], что не воспрещает продемонстрировать творческий потенциал и талант. Каждый проект будет представлять возможности для решения проблем, принимая во внимание инновационность, но в большинстве случаев функция здания является ключевым направлением.

Материальный. Применяя проектные решения, архитектор, рассматривает строительные материалы и конструктивную систему в целом, использованные в ранее реализованных проектах. Сосредоточившись на конкретном материале, архитектор естественным образом получит определенные формы здания, тем самым ограничит внешнюю оболочку проекта. Есть возможность использовать материальный подход, основанный на практической составляющей, предполагая применение давно известных материалов, которые планируется задействовать более инновационным способом.

Контекстуальный подход, применяемый к объекту, позволит взглянуть на исторические особенности местности, людей, которые заселяют рассматриваемую территорию. С помощью этой области объекта, архитектор в значительной степени получает данные из анализа проекта. Каждый проект должен иметь элемент контекстуального подхода, поскольку каждый архитектор должен учитывать его контекст, историческую составляющую и прилегающую территорию. Часть проектов может сосредоточиться на этом больше, чем другие, принять как самый важный фактор при разработке объекта. Данный подход не означает, что будет присутствовать гармония с окружающей средой, архитектор может выбрать путь контрастов между старым и новым.

Формальный подход. Обращаясь к архитектуре классического периода, тем самым обосновывая подход к разработке объекта – придавая формальность пропорциям, масштабам и форме. Хотя образ может и не быть классическим по своему стилю, вполне возможно, что формальные правила пропорций, масштаба, золотого сечения могут присутствовать в современном здании и сооружении.

Философский подход. Эта область значений, которая используется для очевидного эмоционального воздействия, включающий в себя жизненные ценности



архитектора, отражающий кратко идеи образа, общественную значимость или комбинации всех трех направлений.

Если мы рассмотрим понятие креативности, то обнаружим, что оно понимается как интенциональный и внутренне осознанный процесс, используемый специалистом для познания переопределения по-новому своих ситуаций в мире. Хотя понятие творчества остается дискуссионным, некоторые авторы все чаще склоняются к тому, чтобы не рассматривать его как прерогативу немногих специалистов. Скорее, творчество все больше и больше рассматривается как особая часть нормального когнитивного наследия человечества, способного использоваться в конкретных условиях и обстоятельствах.

Архитекторы творчески и новаторски решают проблемы, ставя перед собой основную цель – реализовать объект, основываясь на предложенном им видении или клиента, охватывая при этом все области деятельности строительства и столкновения с возможными проблемами в будущем еще до того, как они возникнут.

Каждый архитектор основывается на сформировавшемся опыте в области творчества и новаторства, на закрепленных обязанностях и навыках, с которыми сталкивался, но не отображает в ранее получившихся проектах.

Специалисту данного направления важно на ранней стадии обсуждения понимать и определять, что их клиенты хотят получить в итоге, не ограничиваясь при этом одним или двумя образами проекта, о которых клиент, возможно, до работы с ним никогда не задумывался, не забывая об особенностях общей среды, интерьерах, экстерьерах или функциональности для работы или жизни. После работы с архитектором клиент должен четко видеть и понимать, что сформируется в итоге длинного пути проектирования.

Со стороны «технической» части подключается не только опыт использования строительных материалов и конструктивных особенностей, но и возможности творческого поиска образа и идеи архитектурного объекта с применением искусственного интеллекта.

Рассматривая аспекты, которые влекут за собой возникновение и формирование объекта с использованием искусственного интеллекта, креативность и инновации являются основными элементами, призванными оптимизировать архитектурное проектирование для того, чтобы стать эффективными и конкурентоспособными на мировом уровне. Преимущества любого новшества по отношению к человеку должны быть оценены до того, как оно будет фактически реализовано. Тем не менее в результате различных социальных факторов противоречия и разочарование становятся движущей силой человеческого развития [8].

Машинное обучение может помочь упростить инструменты проектирования, не ограничивая их выразительность, не забирая творческий контроль у архитекторов. Это позволит создавать новые интеллектуальные инструменты проектирования, которые быстро преодолеют старые «неестественные» программные обеспечения, с которыми мы привыкли общаться, чтобы создать архитектурно-конструкторский проект.

Поисковые пространства могут быть совершенно разными для поставленных задач, но существует определенное сходство процессов в том, что каждая задача проектирования относится к определенному набору взаимосвязанных свойств и ограничений, входящих в состав группировки определенных фаз проектирования: творческий поиск, эскизный проект, нормативно-техническая часть (стадия П); рабочая документация.

Давайте рассмотрим некоторые соображения, которые могут быть связаны с



формообразованием треугольного элемента.

Если мы увеличим высоту предполагаемой фигуры, вероятно, нужно расширить основание, чтобы увеличить его устойчивость для предотвращения разрушения под внешним воздействием. Здесь мы изменяем два свойства по отношению к одной фигуре: высота и ширина (см. рис. 2, 3 цв. вклейки).

Когда мы впервые сталкиваемся с проблемой, в какой именно момент данное соотношение свойств заставляет фигуру разрушиться, ИИ приобретает опыт, экспериментируя в пространстве поиска, изучая отношение свойств друг к другу и к изначально неизвестному набору ограничений, накладываемых физическим миром.

Подобные алгоритмы могут внедряться при проектировании типового жилья. Жилье, спроектированное на основе машинного обучения, не будет однообразным, будет учитывать градостроительную ситуацию, функциональное назначение и связанность пространства.

Вместо построения инструментов проектирования вокруг неизменного набора построенных высокоуровневых объектов, ИИ может быть использовано для обнаружения последовательностей низкоуровневых объектов и динамического синтеза целевых объектов, связанных с текущей деятельностью проектировщика.

Поисковые решения при заданных показателях алгоритма построения ИИ, исходя из треугольного элемента, увеличивали запас устойчивости направляя по зависимой от ширины элемента основания. Анализируя, направляющую, зависящую от увеличения высоты сегмента, в последствии элемент испытывает перпендикулярные воздействия окружающей среды, что в итоге приведет к разрушению конструкции [9].

Используя алгоритмы ИИ, увеличивается вариабельность решений, использующих различные алгоритмичные преобразования, например, вращение, кручение и другие параметры, способствующие творческому поиску при подборе форм и оболочек зданий и сооружений.

Искусственный интеллект, основанный на алгоритмах машинного обучения – инструмент достижения архитектурной идеи до ее реализации, позволяющий дополнить творческий поиск и направленный на совместную работу [10].

В образе жизни горожанина часто встречаются процессы постоянного потребления или предоставления услуг другим горожанам, что несет за собой след в виде цифровых данных, которые постоянно накапливаются.

Воспользовавшись цифровыми данными, все заинтересованные лица в области проектирования и строительства смогут в краткие сроки получить укрупненный отчет (см. рис. 4 цв. вклейки) от ИИ по заданным параметрам, которые являются главенствующими и влияют непосредственно на стоимость 1 м², если рассматривать многоквартирный дом.

В алгоритм заносятся восемь параметров: этажность, пролет, материал наружных стен, фасад, парковочные места, инженерное обеспечение, год сдачи объекта и новый параметр, образованный с помощью цифрового следа данных – рейтинг компании застройщика. После чего выбираем класс жилья и получаем «Матрицу анализа», в которой указан перечень вариантов жилья с учетом каждого введенного параметра. Цветовая палитра в перечне указывает на предполагаемые риски, если брать жилье в красной зоне.

Все планировочные элементы разные, но затраты на строительство остаются в границах, обозначенных заказчиком.

При взаимодействии искусственного интеллекта, архитектора и конструктора



ра, используя предлагаемую алгоритмическую систему и полагаясь на вышеизложенное, приходим к выводам:

1. На современном этапе развития искусственный интеллект не способен выполнять творческие задачи.

2. Автоматизация экономит временной бюджет, выполняя повторяющиеся задачи, позволяя дополнительное время посвятить концептуальным решениям здания и сооружения. Возможность использовать большое количество данных за миллисекунду для улучшения процесса проектирования.

3. В перспективе развития ИИ позволит использовать данные для принятия решений и рекомендаций, имеющие решающее значение для процесса проектирования, особенно на ранней стадии эскизного проекта.

4. Для архитектора обработка исходной информации требует бесчисленных часов исследований как для понимания замысла проекта, так и для анализа предыдущих проектов. На начальном этапе ИИ может сформировать большой объем информации, отведенной под анализ. Благодаря способности ИИ собирать неограниченные объемы данных, архитектор может очень легко исследовать и тестировать несколько идей одновременно, концептуальные проекты, что открывает новые горизонты в персональных творческих методах. Например, при разработке индивидуального жилья задача сводится к области данных, отвечающих за потребность, ожидания клиента и параметрических особенностях здания, не говоря уже о нормативных документах при возведении здания. Получив данные о семье, включая возраст, пол, количество членов семьи и т. д., с помощью системы ИИ можно извлекать все данные о зонировании, строительные нормы, а также создавать варианты дизайна, которые также соответствуют определенному стилю архитектуры, и предлагать бесчисленные варианты.

5. Используя ИИ в параметрической архитектуре, накапливая базу знаний, данный инструмент открывает возможность выбрать массив вариантов, установить ограничения, подключить данные и создать бесчисленное количество итераций продукта или здания за считанные минуты.

6. Параметрическая архитектура, ставшая популярной с инструментами САПР, позволит использовать геометрическое программирование со сложными алгоритмами для того, чтобы дать возможность архитекторам и конструкторам совершенствовать получившейся объект, изменяя его форму и оптимизируя в соответствии со своими функциональными особенностями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пройдаков, Э. М. Современное состояние искусственного интеллекта / Э. М. Пройдаков. – Текст : непосредственный // Научно-исследовательские исследования / Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук. – Москва, 2018. – С. 129–153.
2. Архитектурная бионика в СССР (1960–1980) и современная архитектурная биомиметика : отчет о научно-исследовательской работе по теме : 1.6.3 / ФГБУ ЦНИИП МИНСТРОЯ РОССИИ. – Текст : непосредственный.
3. Павлов, С. Н., Системы искусственного интеллекта : учебное пособие / С. Н. Павлов. – Томск : Эль Контент, 2011. – 174 с. – ISBN: 978-5-4332-0013-5. – Текст : непосредственный.
4. Бовыкин, В. И. Философия искусственного интеллекта: проблемы терминологии и методологии / В. И. Бовыкин. – Текст : непосредственный // Философия и культура. – 2010. – № 8 (56). – С. 96–105.



5. Исследование геометрических закономерностей современного архитектурно-пространственного формообразования» (промежуточный) : отчет о научно-исследовательской работе по теме : 1.4.8 / ФГБУ ЦНИИП МИНСТРОЯ РОССИИ. – Текст : непосредственный.
6. Xiao, C. Bibliometric Review of Artificial Intelligence (AI) in Construction Engineering & Management / C. Xiao, Y. Liu, A. Akhnoukh // International Conference on Construction and Real Estate Management. – 2018. – P. 168–181.
7. Витрувий, М. П. Десять книг об архитектуре / М. П. Витрувий ; перевод Ф. А. Петровского. – Архитектура-С, 2006. – 328 с. – ISBN 5-9647-0107-8. – Текст : непосредственный.
8. Cudzik, J. Artificial Intelligence Aided Architectural Design / J. Cudzik, K. Radziszewski // AI for design and built environment. – 2018. – Vol. 1. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/328018944/> (Accessed 28 April 2020).
9. Осипов, К. А. Использование технологий Big Data в формировании системы управления рисками предпринимательских структур / К. А. Осипов. – Текст : непосредственный // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. – 2019. – № 201. – С. 27–32.
10. Chaillou, S. AI + Architecture Towards a New Approach / S. Chaillou ; Harvard University Graduate school of Desing. – 2019, 96 p.

CHMIR Yuliya Eduardovna, postgraduate student, assistant of the chair of urban development and municipal economy, director of the engineering school "Inzhnetronic"; KARELIN Dmitry Viktorovich, candidate of architecture, associate professor, holder of the chair of urban development and municipal economy

WAYS OF INTEGRATION OF THE AUTOMATED PROCESS AND ADAPTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AT DEVELOPMENT OF DESIGN DECISIONS

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

113, Leningradskaya St., Novosibirsk, 630008, Russia, Tel.: +7 (913) 388-00-04, +7 (953) 785-20-99; e-mail: yu.chmir@sibstrin.ruggxsibir@mail.ru

Key words: artificial intelligence, creative paradigm of an architect, partnership, shaping.

Artificial intelligence, as a discipline, is already permeating countless areas, bringing tools and methods to previously unresolved problems in all sectors. The emergence of artificial intelligence in architecture is just beginning, but it gives promising results. [1] Such a potential represents more than just an opportunity, and represents an important step forward in the improvement of non-traditional architecture. Our work proposes to confirm this promise in relation to an artificial environment. In particular, we offer a partnership of AI and an architect to analyze and generate forms of creating ideas, as well as a principle of artificial intelligence at the estimated cost of multi-unit housing, analyzing the digital footprint - the consumption process that determines the life of a city dweller.

REFERENCES

1. Proydakov E. M. Sovremennoe sostoyanie iskusstvennogo intellekta [The current state of artificial intelligence] // Naukovedcheskie issledovaniya [Scientific Research] / Institut nauchnoy informatsii po obshchestvennym naukam Rossiyskoy akademii nauk. Moscow, 2018. P. 129–153.
2. Arkhitekturnaya bionika v SSSR (1960-1980) i sovremennaya arkhitekturnaya biomimetika [Architectural bionics in the USSR (1960-1980) and modern architectural biomimetics] : otchyot o nauchno-issledovatel'skoy rabote po teme: 1.6.3. FGBU TsNIIP



MINSTROYA ROSSII.

3. Pavlov S. N. Sistemy iskusstvennogo intellekta [Artificial intelligence systems]. Uchebnoe posobie. Tomsk, El Kontent, 2011, 174 p. – ISBN: 978-5-4332-0013-5.
4. Bovykin V. I. Filosofiya iskusstvennogo intellekta: problemy terminologii i metodologii [Philosophy of artificial intelligence: problems of terminology and methodology]. Filosofiya i kultura [Philosophy and culture]. 2010. № 8 (56). P. 96–105.
5. Issledovanie geometricheskikh zakonomernostey sovremennogo arkhitekturno-prostranstvennogo formoobrazovaniya (promezhutochny) [The study of geometric laws of modern architectural-spatial formation (intermediate)] : otchyot o nauchno-issledovatel'skoy rabote po teme: 1.4.8. FGBU TsNIIPI MINSTROYA ROSSII.
6. Xiao C., Liu Y., Akhnoukh A. Review of Artificial Intelligence (AI) in Construction Engineering & Management]. International Conference on Construction and Real Estate Management. 2018. P. 168–181.
7. Vitruvius M. P. Desyat knig ob arkhitekture [Ten books on architecture] / preevod F. A. Petrovskogo. – Arkhitektura-S, 2006, 328 p. – ISBN 5-9647-0107-8.
8. Cudzik J., Radziszewski K., Artificial Intelligence Aided Architectural Design. AI for design and built environment, 2018, vol. 1. URL: <https://www.researchgate.net/publication/328018944/> (Accessed April 28, 2020).
9. Osipov K. A. Ispolzovanie tekhnologiy Big Data v formirovaniy sistemy upravleniya riskami predprinimatelskikh struktur [The use of Big Data technologies in the formation of a risk management system for entrepreneurial structures] // Teoriya i praktika servisa: ekonomika, sotsialnaya sfera, tekhnologii [Theory and practice of service: economics, social sphere, technologies]. 2019. № 201. P. 27–32.
10. Chaillou S. AI + Architecture Towards a New Approach., Harvard University Graduate school of Design, 2019, 96 p.

© Ю. Э. Чмир, Д. В. Карелин, 2021

Получено: 28.11.2020 г.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 725.4.012

А. А. ЯКОВЛЕВ, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования; **И. О. ОСИПОВ**, аспирант кафедры архитектурного проектирования

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ НА СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ

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: сложный рельеф, промышленная архитектура, промышленное строительство, промышленность и рельеф, освоение сложного рельефа.

Рассмотрены градостроительные проблемы освоения сложного рельефа в промышленном строительстве и предложены пути их решения для наиболее эффективного освоения рельефа.

Увеличение темпов строительства и, как следствие, расширение городов, неразрывно связано с решением проблем ограниченности равнинных территорий под застройку как наиболее удобных. Одной из основных проблем современного градостроительства является невозможность выбора оптимального участка для возведения объекта строительства. Предприятия, способные функционировать в автономном режиме, можно располагать на участках практически любой сложности, что не скажешь о большинстве промышленных зданий. В сложившейся ситуации возникает необходимость освоения сложного рельефа, являющегося определенным территориальным резервом.

К основным градостроительным особенностям формирования архитектурных решений промышленных зданий на сложном рельефе можно отнести: *создание искусственных горизонтальных участков (выравнивание территории), использование подземного пространства, применение галерей между отдельно стоящими зданиями предприятия.*

Процесс *создания искусственных горизонтальных участков* для приспособления их к размещению промышленных предприятий носит двойственный характер, с одной стороны, появляется возможность применения типовых решений промышленных зданий, с другой – нарушается естественная структура рельефа со всеми вытекающими проблемами. Характер рельефа местности имеет важное значение при разработке генеральных планов промышленных предприятий на сложном рельефе. Промышленные площадки в связи с особенностями технологических процессов, плотностью застройки и множеством отраслей промышленности различаются широким многообразием размеров производственных и других типов зданий, наполненностью инженерными сооружениями, внутрицеховым и обслуживающим транспортом.

Выравнивание участка территории оправдано при малых уклонах местности (рис. 1 цв. вклейки). Количество объектов и плотность застройки



производственными зданиями будущего предприятия непосредственно влияют на выбор способа планировки участка, который может быть как выборочным, так и сплошным [2]. Если рельеф однороден, а плотность застройки территории низкая, использование *выборочной* планировки становится более эффективным и экономически целесообразным способом. Она предполагает выравнивание рельефа только под основные, самые крупные типы зданий и сооружений (производственный, подсобно-производственные) и связующие их транспортные пути. *Сплошная* планировка участка проводится при неоднородном рельефе или высокой плотности застройки производственными зданиями, а также при большом количестве дорог и инженерных коммуникаций на площадке. *Смешанную* планировку, включающую сплошную планировку отдельных участков и выборочную планировку остальных, можно применять для предприятий, занимающих большие территории с резко выраженной зональностью производства, при наличии отдельно стоящих взрывоопасных цехов со значительным выделением производственных вредностей, требующих больших санитарных разрывов.

С давних времен *подземные и заглубленные пространства* в силу своего благоприятного микроклимата использовались для складирования и хранения пищевой продукции. Преимущества температурно-влажностного режима используют и по сей день, располагая под землей: архивы, холодильники и морозильники продуктов, склады вина, пива, прохладительных напитков, хранилища нефти, газа, нефтепродуктов, взрывчатых веществ, склады машин и оборудования.

Первые подземные промышленные предприятия начали появляться во времена Второй мировой войны (рис. 2 цв. вклейки) в Германии и скандинавских странах [1]. В дальнейшем, подземные и заглубленные пространства использовались для размещения производств различного технологического назначения. В них размещали: корпуса первичного дробления руды, приемные устройства перерабатываемого сырья на предприятиях строительных материалов, скиповые ямы доменных цехов, подземные части бункерных эстакад, установок грануляции шлаков, непрерывной разливки стали [3, 4].

В настоящее время этот тип промышленных зданий особенно актуален при освоении сложного рельефа (рис. 3 цв. вклейки). Довольно часто осуществляется функциональная связь подземных предприятий с наземными объектами (культурно-бытовыми, рекреационными, выставочными залами и др.), в связи с чем часть территорий над предприятиями принадлежит им же. Грузопотоки подземного завода можно связать с общей транспортной сетью как над, так и под землей. В городской среде устройство подземных грузовых связей будет предпочтительней. Их следует решать как общую сеть вместе с подземными цехами.

Использование галерей между отдельно стоящими зданиями предприятий способствует нивелировать перепады рельефа и максимально использовать участок застройки без дорогостоящего вмешательства в природный рельеф. Галереи могут использоваться как в качестве перемещения сырья и готовой продукции (осуществление внутривозовских связей непрерывным конвейерным транспортом, проходящим в специальных технологических галереях), так и в качестве горизонтальных связей между зданиями для сотрудников предприятия.

Выявленные градостроительные особенности необходимо учитывать при разработке проектных решений промышленных зданий на сложном рельефе, что позволит в значительной мере увеличить плотность и компактность застройки.

К СТАТЬЕ А. А. ЯКОВЛЕВА, И. О. ОСИПОВА
«ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ
НА СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ»



a

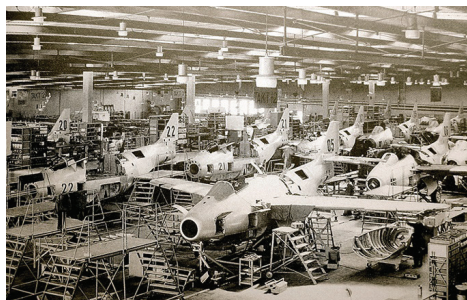


б



в

Рис. 1. Создание искусственных горизонтальных участков: *a* – Викторианский опреснительный завод (архит. бюро ARM Architects, ASPECH Studio, 2012 г.); *б* – винодельня «Куккула» (архит. бюро Studio B Architects, 2012 г.); *в* – винодельческий комплекс «Сомло» (архит. бюро Ekler Architect, 2012 г.)

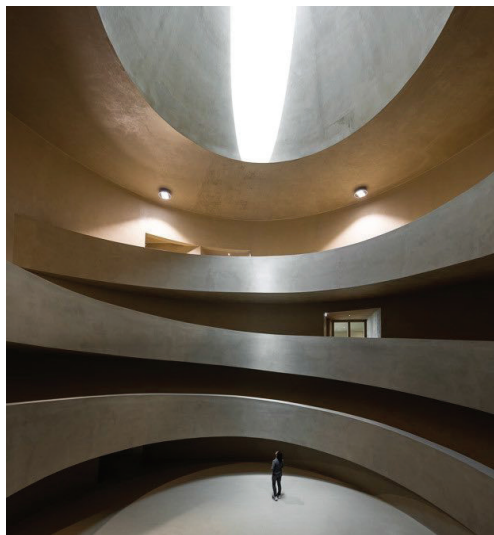


а

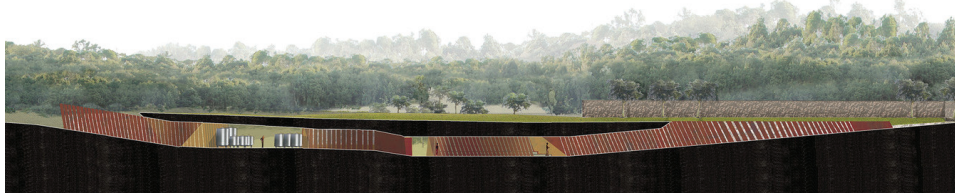
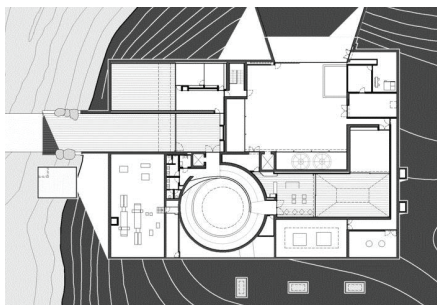
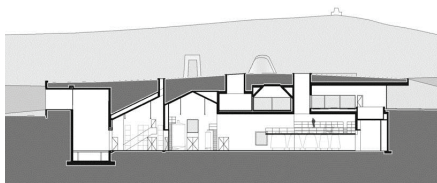


б

Рис. 2. Первые подземные заводы: *а* – авиазавод «СААБ Эйркрафт» (Швеция, 1940-е гг.); *б* – завод по производству ФАУ-2 (Германия, 1940-е гг.)



а



б

Рис. 3. Использование подземного пространства в промышленном строительстве: *а* – винодельческое предприятие «Редондо» (архит. Frederico Valsassina Arquitectos, 2016 г.); *б* – винодельческое предприятие «Bell-lloc» (архит. RCR Rafael Aranda, Carme Pigem, 2007 г.)



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонтович, В. В. Вертикальная планировка городских территорий / В. В. Леонтович. – Москва : Стройиздат, 1985. – 119 с. – Текст : непосредственный.
2. Лукьянов, В. И. Планировка городских промышленных районов : основные положения / В. И. Лукьянов. – Москва : Стройиздат, 1965. – 130 с. – Текст : непосредственный.
3. Конюхов, Д. С. Использование подземного пространства / Д. С. Конюхов. – Москва : Архитектура-С, 2004. – 296 с. – ISBN 5-9647-0008-X. – Текст : непосредственный.
4. Николаев, И. С. Промышленные предприятия в городах / И. С. Николаев – Москва : Изд. литературы по строительству, 1965. – 272 с. – Текст : непосредственный.
5. Архитектура промышленных предприятий, зданий и сооружений : справочник проектировщика. – Москва : Стройиздат, 1975. – 527 с. – Текст : непосредственный.

YAKOVLEV Andrey Aleksandrovich, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design; OSIPOV Ivan Olegovich, postgraduate student of the chair of architectural design

URBAN PLANNING FEATURES OF FORMING ARCHITECTURAL SOLUTIONS OF INDUSTRIAL BUILDINGS ON A COMPLEX TERRAIN

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, moralova@yandex.ru

Key words: complex relief, industrial architecture, industrial construction, industry and relief, development of complex terrain.

The article highlights town-planning problems of the development of complex terrain in construction industry and identifies ways of their solution for the most efficient terrain development.

REFERENCES

1. Leontovich V. V. Vertikalnaya planirovka gorodskikh territoriy [Vertical planning of urban areas]. Moscow, Stroyizdat. 1985, 119 p.
2. Lukyanov V. I. Planirovka gorodskikh promyshlennykh rayonov: osnovnye polozheniya [The layout of urban industrial areas: generals]. Moscow: Stroyizdat, 1965, 130 p.
3. Konyukhov D. S. Ispolzovanie podzemnogo prostranstva [Use of underground space]. – Moscow : Arkhitektura-S, 2004. – 296 p. – ISBN 5-9647-0008-X.
4. Nikolayev I. S. Promyshlennye predpriyatiya v gorodakh [Industrial enterprises in cities]. – Moscow: Izd. literatury po stroitelstvu. 1965, 272 p.
5. Arkhitektura promyshlennykh predpriyatiy, zdaniy i sooruzheniy. Spravochnik proektirovshchika [The architecture of industrial enterprises, buildings and structures. Designer's Handbook]. Moscow: Stroyizdat, 1975, 527 p.

© А. А. Яковлев, И. О. Осипов, 2021

Получено: 03.10.2020 г.



УДК 72.01

А. А. ЯКОВЛЕВ, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования; **А. В. ЗАХАРЧУК**, соискатель уч. степ. канд. архитектуры кафедры архитектурного проектирования

СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕИ ПРИРОДНОГО АНАЛОГА В АРХИТЕКТУРНЫХ КОНЦЕПЦИЯХ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-33;

эл. почта: oootma@inbox.ru; angelazaharchuk@gmail.com/zakharchuk@inbox.ru

Ключевые слова: архитектурные концепции, природный аналог, способы реализации, архитектурный замысел.

Проанализированы архитектурные концепции периода конца XIX – начала XXI вв. в работах архитекторов, представлен графический анализ архитектурного творчества в концепциях, основанных на идее заимствования природного аналога на разных этапах развития. Предложена классификация архитектурных концепций, основанных на реализации идеи заимствования природного аналога, выявлены основные характерные особенности. Даны смысловые определения, обозначены основные способы реализации архитектурного замысла.

Введение

Идея интеграции «природного эквивалента» в архитектурных концепциях посредством аналогий претерпела ряд преобразований в процессе эволюционного развития, формируя новые этапы на более качественном уровне [4, 5]. На каждом уровне развития сформировались архитектурные теории, которые впоследствии определились в новые направления практической деятельности архитекторов.

Изучение концепций конца XIX – начала XXI веков поможет:

- выявить характерные особенности, интерпретации и трансформации идеи «природности», а именно особенности теоретического и практического опыта применения знаний о живой и неживой природе в архитектурном проектировании;
- определить цели и задачи, которые архитекторы ставили и ставят перед собой; принципы проектирования и методы выражения архитектурного замысла; результативность способов реализации.

При подборе и изучении архитектурных концепций, необходимо рассматривать творчество архитекторов в целом, включая: проекты, концепции, манифесты для получения полной информации и возможности рассуждать о творческом мышлении автора в целом с целью объективной характеристики и классификации изученного материала.

Такой опыт необходим на стадии концептуального проектирования в архитектурной и учебной практике.

Классификация и характеристика концепций

1. *Реализации идеи заимствования природного аналога в форме архитектурного облика (К1)* (см. рис. 1 цв. вклейки). Для сравнения рассматриваются концепции архитекторов А. Гауди (Испания) и идея воплощения природной формы архитектора Ф. Саха в проекте индийского храма в Нью-Дели (Индия).

Для архитектуры А. Гауди характерны: природные формы, естественные и



органичные; сложные пространственные конструкции; пластичность построек интегрированной структурой, материалами, формы (Каса-Батльо, 1904–1906; Парк Гуэль, 1900–1914). В проекте индийского храма Ф. Сабха использована идея цветка лотоса, преобразованная в определенные геометрические формы, такие как сферы, цилиндры, тороиды и конусы [6].

Итак, в концепциях авторов уделено внимание природной форме и ее структуре (инженерный подход), воспроизведена геометрия природного аналога (животного и растительного мира), учтены особенности местности проектирования (природа, культура, история).

2. *Реализации идеи заимствования природного аналога в использовании природного окружения (К2)* (см. рис. 2 цв. вклейки). В изученных концепциях рассматривается творчество архитектора Ф. Л. Райта (США), в качестве классического примера и концепции архитекторов бюро “PLATASIA” (Китай). В основе концепций Ф. Л. Райта: идея цельности («интегральности»); упрощение формы (геометрии объекта); целостность объема, умелое размещение в природной среде, единение внутреннего пространства с окружением внешнего, для гармоничного единства человека и предметов материального мира (дом Райта, 1911; дом Левина, 1949; дом над водопадом, 1935-1937; дом над озером, 1995–2005) [1, 7].

Для архитекторов компании “PLATASIA” в Китае основным в проектировании является восточная философия природы, архитектуры и ценностей, которая основана на: создание устойчивой архитектуры, разработке новых возможностей и средств землеустройства; анализе местности, климата (затенение и ветер), возможности интеграции функции, формы и ландшафта для создания автономного комплекса (проект эко-отеля «Лотос» в пустыне Гоби, Монголия [8]).

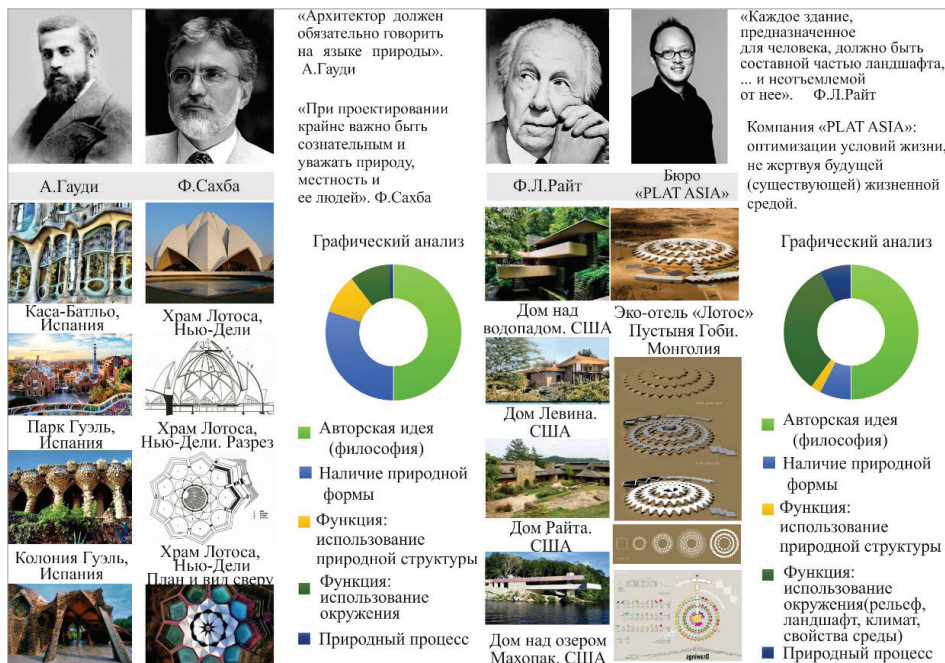
3. *Концепции, реализующие идею заимствования природного аналога в мегаструктурах устойчивого развития (К3)* (см. рис. 3 цв. вклейки). Концепции экосистем в проектах П. Солери и Р. М. Кастильо. Теория архитектурной экологии Солери – «аркология» – архитектурная концепция, учитывающая экологические факторы при проектировании сред обитания человека (проект города «Аркозанти» в пустыне Аризоны, США, 1970).

Американский архитектор Р. М. Кастильо, носитель идеи «Ecodesign» как ответа архитектуры на устойчивое развитие. Концепция эко-острова может вполне считаться следующим этапом эволюции в развитии такого направления как «неинвазивная архитектура», не влияет на окружающую среду либо улучшает ее (эко-остров “Grand Cancun”, Мексика) [9].

4. *Концепции, основанные на заимствовании принципов организации, свойств, функций и структур живой природы на основе воспроизведения технических систем (К4)* (см. рис. 4 цв. вклейки). Следует отметить разработки лаборатории под руководством архитектора Ю. С. Лебедева. В современной интерпретации рассматриваются концепции английского архитектора Т. Хизервика.

Идеология развития архитектурной бионики в советской архитектуре отражала две основные цели: первая – это «сильное влияние на архитектуру – ее форму, функциональные решения, гармонию форм», основанное на использовании законов живой природы и воспроизведения технологии жизненных процессов. Вторая цель бионики – решение социально значимых проблем (применение в экстремальной климатической среде, в пустынях, на высокогорьях), а также поддержка биосферы с учетом особенностей рельефа, водных артерий, морской

К СТАТЬЕ А. А. ЯКОВЛЕВА, А. В. ЗАХАРЧУК «СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕИ ПРИРОДНОГО АНАЛОГА В АРХИТЕКТУРНЫХ КОНЦЕПЦИЯХ»



Ф.Л. Райт

Бюро «PLAT ASIA»

Дом над водопадом. США

Эко-отель «Лотос» Пустыня Гоби. Монголия

Дом Левина. США

Дом Райта. США

Дом над озером Махопак. США

Рис. 1. K1 – графический анализ

Рис. 2. K2 – графический анализ



Ю.С. Лебедев

Т.Хизервик

Концепция динамического города

Аэростатическая система

Павильон «Экспо». Шанхай

Проектные модели складчатых форм

Мост «Rolling Bridge». Лондон

Рис. 3. K3 – графический анализ

Рис. 4. K4 – графический анализ



Рис. 5. K5 – графический анализ

Рис. 6. K6 – графический анализ



Рис. 7. K7 – графический анализ



и пустынной среды [10].

Концепции студии Т. Хизервика предлагают новые пути взаимодействия природного и искусственного – «киберприрода» – изучает вопросы о роли природы и ее возможностях в современную эпоху.

В этих концепциях архитекторы открыли новый способ реализации идеи использования природного аналога благодаря изучению внутренних структур живых организмов и процессов жизнедеятельности, что нашло отражение в инженерной мысли и в конструктивных системах архитектурных объектов. На современном этапе «биомиметика» в архитектуре продолжает развиваться в цифровом моделировании, робототизации, цифрологизации, инженерии, а также в научной и практической деятельности [11–13].

5. *Концепции использования «идеи природности», реализуя комплексный подход в проектировании, а именно выражение в форме с учетом окружения, а также следуя социальным, экологическим, технологическим аспектам проектной и строительной сферы (К5)* (см. рис. 5 цв. вклейки). В концепциях Р. Пиано уделено внимание: существующей застройке проектируемого объекта; историческому значению; органичности форм; проекты подчиняются не только законам архитектуры, но учитывают и технологический, и экологический, и социальный аспекты современного строительства [14].

В концепциях 3. Хадид в проектировании сложных форм и структур использовано параметрическое моделирование, в рамках которого обрабатываются большие объемы данных, на основе этих данных затем формируется сложная структура здания, кроме этого в проектах внедрены технологии, позволяющие значительно сократить потребление энергии и выбросы загрязняющих веществ [15].

Итак, концепции основаны на обобщении уже имеющегося опыта реализации идеи использования природного аналога, который позволяет проектировать в разных направлениях, таких как: «зеленое» строительство, устойчивое развитие, энергоэффективность зданий, применение альтернативных источников энергии, социальный дизайн, параметрическое моделирование и цифровое производство, при этом органичное и естественное взаимодействие с существующей средой.

6. *Концепции, реализующие «идею природности» посредством использования компьютерных технологий и цифрового моделирования (К6)* (см. рис. 6 цв. вклейки). На примерах концепций архитекторов С. Мэй и С. Гао, студии “*Chimera*”. Для данных концепций характерно восприятие природы, генезис формы как «самой сложной биологической интерпретации», параметрическое проектирование и цифровой дизайн в реализации сложных и инновационных идей [16, 17].

7. *Использование «живой материи» и живых организмов, заимствование природного процесса в структуре архитектурных объектов (К7)* (см. рис. 7 цв. вклейки). На примере концепций архитекторов студий “*Grant Associates*” и бюро “*X-TU*”, которые заимствуют природные процессы и внедряют живые существа в проектируемые объекты; используют устойчивые растения в конструкциях фасадных систем, биоадаптивные оболочки и естественные биопроцессы [18, 19].

Теоретические аспекты формирования концепций

Таким образом, в процессе комплексного подхода в изучении авторских концепций и творчества архитекторов в целом, на основе предложенной классификации и характеристики, были определены способы реализации идеи в концепциях, которые можно рассматривать в двух основных аспектах: композиционном (архитектурно-художественном) и декомпозиционном



(идеологическом): философско-гуманистически и научно-технологически направленном.

Композиционный (архитектурно-художественный), включает в себя эстетические, архитектурно-художественные, конструктивные, пространственные интерпретации, связанные с заимствованием и отражением в той или иной степени природной (органической) **формы** (образа, облика, структуры, конструкции), **функции** (взаимодействие с окружением, средой), **процесса** (в заимствовании и воспроизведении природных механизмов и явлений).

Декомпозиционный (идеологический), включает в себя реализацию нескольких идей в равнозначно-проявленных либо скрытых признаках с идеологической (мировоззренческой) составляющей: **философско-гуманистической и/или научно-технологической**.

Следовательно, **архитектурные концепции**, реализующие идею заимствования природного аналога («идею природности») – это совокупность идеологических принципов, выраженных посредством теоретических и практических схем, моделей-идеализаций. А **способы реализации** «идеи природности» – это комплексные пути решений, или совокупность приемов и методов практического и теоретического освоения действительности, ведущие к поставленной цели и результативности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисенко, Е. В. Принципы формирования архитектурного пространства на основе биоподходов: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Е. В. Денисенко. Нижний Новгород, 2013. – 24 с. – Текст : непосредственный.
2. Захарчук, А. В. Реализация идеи «природности» в архитектурных концепциях конца XIX – начала XXI века / А. В. Захарчук. – Текст : электронный // «Архитектон: известия ВУЗов». – Екатеринбург, 2017. – URL: http://archvuz.ru/2017_3/3/. – Дата публикации: сентябрь 2017.
3. Иконников, А. В. Функция, форма, образ в архитектуре / А. В. Иконников. – Москва : Стройиздат, 1986. – 288 с. – Текст : непосредственный.
4. Логвинов, В. Н. Природоинтегрированная архитектура: практика, приемы и принципы / В. Н. Логвинов. – Текст : непосредственный // Архитектура и природа. Природа и архитектура : сборник научных трудов. – Москва, 2009.
5. Стессель, С. А. Заимствование природных принципов формообразования в параметрической архитектуре / С. А. Стессель. – Текст : электронный // Вектор науки ТГУ. – 2015. – № 2 (32-1). – URL: <https://journal.tltsu.ru/rus/index.php/Vectorscience/article/view/283> (дата обращения: 05.11.2020).
6. Сахба, Ф. Храм Лотоса в Нью-Дели / Ф. Сахба. – URL: <https://worldarchitecture.org/architecture-news/cvcmg/lotus-temple-a-symbol-of-excellence-in-modern-indian-architecture.html> (дата обращения: 10.11.2020). – Текст : электронный
7. Мастера архитектуры. Ф. Л. Райт. – URL: https://www.architime.ru/architects/a_frank_lloyd_wright.htm. (дата обращения: 05.11.2020). – Текст : электронный.
8. Эко-отель «Лотос». Сианшавань. Пустыня Гоби, Монголия. – URL: <https://designlike.com/sustainable-architecture-in-the-middle-of-gobi-desert-the-lotus-hotel/> (дата обращения: 12.11.2020). – Текст : электронный.
9. Проект эко-острова “Grand Cancun”. Глобальный архив архитектуры. 2014. – URL: <https://aasarchitecture.com/2014/06/grand-cancun-richard-moreta-castillo.html/> (дата обращения: 12.11.2020). – Текст : электронный.
10. Динамический город, построенный из «клеток» – производственно-жилых районов. Проект-идея арх. Ю. С. Лебедева. – URL: <http://tehne.com/event/arhivsyachina/lebedev-yu-s-bionika-i-gorod-budushchego-1973>, (дата обращения: 12.11.2020). – Текст : электронный.



11. Хизервик, Т. Жилой дом в историческом районе Ньютон в Сингапуре / Т. Хизервик. – URL: <http://www.heatherwick.com/projects/buildings/> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.
12. Хизервик, Т. Проект павильона Великобритании на «Экспо» в Шанхае / Т. Хизервик. – URL: <https://www.interior.ru/design/5313-tomas-khizervik-6-faktov-o-dvizhenii-lyubopystve-i-kukuruze.html> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.
13. Хизервик, Т. Раскладывающийся мост Rolling Bridge. Лондон. 2004 / Т. Хизервик. – URL: <https://www.interior.ru/design/617-tomas-khizervik-gordost-britanii.html> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.
14. Пиано, Р. Культурный центр Жан-Мари Тжибау / Р. Пиано. – URL: <https://akfengroup.ru/raznoe-2/rencio-piano-proekty-15.html> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.
15. Хадид, З. Здание штаб-квартиры по охране окружающей среды. ОАЭ. 2014-2021 / З. Хадид. – URL: <https://www.zaha-hadid.com/architecture/beeah-headquarters-sharjah-uae/> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.
16. Концепция Калифорнийского бионического собора. – URL: <https://www.urukia.com/california-bionic-cathedral-xiaofeng-mei-xiaotian-gao/> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.
17. Концепции “Chimera Studio”. – URL: <https://www.studiochimera.org/> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.
18. Концепции «X-TU». – URL: <https://www.xtuarchitects.com/den-haag/> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.
19. Концепции “GRANT-ASSOCIATES”. – URL: <https://www.e-architect.co.uk/england/filton-airfield-masterplan-gloucestershire> (дата обращения: 01.11.2020). – Текст : электронный.

YAKOVLEV Andrey Aleksandrovich, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design; ZAKHARCHUK Anzhela Vladimirovna, applicant for the chair of architectural design

METHODS OF IMPLEMENTATION OF THE IDEA OF NATURAL ANALOGUE IN ARCHITECTURAL CONCEPTS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia Tel: +7 (831) 430-17-33;
e-mail: oootma@inbox.ru; angelazaharchuk@gmail.com

Key words: architectural concepts, natural analogue, implementation methods, architectural design.

The article analyzes architectural concepts of the period of the late XIX – early XXI centuries in the works of architects, presenting a graphical analysis of architectural creativity in concepts based on the idea of borrowing a natural analogue at different stages of development. A classification of architectural concepts based on the implementation of the idea of borrowing a natural analogue is proposed, the main characteristic features are identified. Semantic definitions are given, the main aspects of implementing architectural concepts are determined.

REFERENCES

1. Denisenko E. V. Printsipy formirovaniya arkhitekturnogo prostranstva na osnove biopodkhodov [Principles of the formation of architectural space based on biological approaches]: avtoref. dis. ... kand. arkitektury. Nizhny Novgorod, 2013, 24 p.
2. Zakharchuk A. V. Realizatsiya idei «prirodnosti» v arkhitekturnykh kontseptsyakh kontsa XIX – nachala XXI veka [The idea of «naturalness» in architectural concepts of the late 19th – early 21st century] // «Arkhitkton: izvestiyaVUZov. Ekaterinburg, 2017. – URL: <http://>



archvuz.ru/2017_3/3/. Data publikatsii: sentyabr 2017.

3. Ikonnikov A. V. Funktsiya, forma, obraz v arkhitekture [Function, form, image in architecture]. Moscow: Stroyizdat, 1986, 288 p.

4. Logvinov V. N. Prirodointegrirovannaya arkhitektura: praktika, priyomy i printsipy [Nature-integrated architecture: practice, techniques and principles]. Arkhitektura i priroda. Priroda i arkhitektura [Architecture and nature. Nature and architecture]: sbornik nauch. trudov. Moscow, 2009.

5. Stessel S. A. Zaimstvovanie prirodnikh printsipov formoobrazovaniya v parametricheskoy arkhitekture [Doption of natural principles of forming in parametric architecture]. Vektor nauki TGU. – 2015. – № 2 (32-1). / URL: <https://journal.tltsu.ru/rus/index.php/Vectorscience/article/view/283>(data obrascheniya: 05.11.2020).

6. Sahba F. Kham Lotosa v Nyu-Deli [Lotus Temple in New Delhi]. – URL: <https://worldarchitecture.org/architecture-news/cvcmg/lotus-temple-a-symbol-of-excellence-in-modern-indian-architecture.html> (data obrascheniya: 10.11.2020).

7. Mastera arkhitektury. F. L. Rayt [Masters of Architecture. F. L. Wright] / ARCHITIME. RU: informacionno-obrazovatel'nyj resurs. / URL: https://www.architime.ru/architects/a_frank_loyd_wright.htm. (data obrascheniya: 05.11.2020).

8. Eko-otel “Lotos”. Sianshavan. Pustynya Gobi, Mongoliya [Eco-hotel “Lotus” Xianshawan. Gobi Desert, Mongolia]. – URL: <https://designlike.com/sustainable-architecture-in-the-middle-of-gobi-desert-the-lotus-hotel/> (data obrascheniya: 12.11.2020).

9. Proekt eko-ostrova «Grand Cancun» [Eco-island “Grand Cancun” project] Globalny arkhiv arkhitektury. 2014. – URL: <https://aasarchitecture.com/2014/06/grand-cancun-richard-moreta-castillo.html/> (data obrascheniya: 12.11.2020).

10. Dinamicheskiy gorod, postroenny iz «kletok» – proizvodstvenno-zhilykh rayonov. Proekt-ideya arkh. Yu. S. Lebedeva. [A dynamic city built of «cells» – industrial and residential areas. Project-idea of arch. Yu. S. Lebedev] / URL: <http://tehne.com/event/arhivsyachina/lebedev-yu-s-bionika-i-gorod-budushchego-1973> (data obrascheniya: 12.11.2020).

11. Heatherwick T. Zhiloy dom v istoricheskom rayone Nyuton v Singapure. – [Residential building in the historic Newton district of Singapore] / URL: <http://www.heatherwick.com/projects/buildings/> (data obrascheniya: 01.11.2020).

12. Heatherwick T. Proekt pavilona Velikobritanii na «Ekspo» v Shankhae. [Great Britain pavilion project at Expo in Shanghai] / – URL: <https://www.interior.ru/design/5313-tomas-khizervik-6-faktov-o-dvizhenii-lyubopytstve-i-kukuruze.html> (data obrascheniya: 01.11.2020).

13. Heatherwick T. Raskladyvayuschiysya most Rolling Bridge. London. 2004. – [Rolling Bridge, London, 2004] / URL: <https://www.interior.ru/design/617-tomas-khizervik-gordost-britanii.html> (data obrascheniya: 01.11.2020).

14. Piano R. Kulturny tsentr Zhan-Mari Tzhibau. – [Tjibaou Cultural Center] / URL: <https://akfengroup.ru/raznoe-2/rencio-piano-proekty-15.html> (data obrascheniya: 01.11.2020).

15. Hadid Z. Zdanie shtab-kvartiry po okhrane okruzhayushey sredy. OAE.2014-2021 [Environmental Protection Headquarters Building. UAE] / URL: <https://www.zaha-hadid.com/architecture/bee-hq-headquarters-sharjah-uae/> (data obrascheniya: 01.11.2020).

16. Kontseptsiya Kaliforniyskogo bionicheskogo sobora [The concept of the California Bionic Cathedral] / URL: <https://www.urukia.com/california-bionic-cathedral-xiaofeng-meixiaotian-gao/> (data obrascheniya: 01.11.2020).

17. Kontseptsii “Chimera Studio” [“Chimera” Studio concepts] / URL: <https://www.studiochimera.org/> (data obrascheniya: 01.11.2020).

18. Kontseptsii “X-TU” [“X-TU” concepts] / URL: <https://www.xtuarchitects.com/den-haag/> (data obrascheniya: 01.11.2020).

19. Kontseptsii “GRANT-ASSOCIATES” [“GRANT-ASSOCIATES” concepts] / URL: <https://www.e-architect.co.uk/england/filton-airfield-masterplan-gloucestershire> (data obrascheniya: 01.11.2020).

©А. А. Яковлев, А. В. Захарчук, 2021

Получено: 21.11.2020 г.



УДК 727.1.001.2

Е. Ю. АГЕЕВА, д-р филос. наук, проф. кафедры архитектуры

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

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

Ключевые слова: архитектура школьных зданий, «интеллектуальная» школа, объемно-планировочные и композиционные проектные решения школьных зданий.

Внедрение современных технологий и изменений в образовании вызывает необходимые изменения в проектировании школьных зданий. Появляются «интеллектуальные школы», обеспечивающие безопасное и максимальное развитие ребенка. Именно интеллектуальные школы способны изменить типовые представления об образовании и объемно-планировочном решении школьных зданий.

Требование времени поднять на новый уровень обучение подрастающего поколения отражается и в новых требованиях к самим зданиям школ. В предыдущей статье мы рассмотрели инновационные изменения объемно-планировочных решений современных российских школьных зданий. Не только в России, но и во всем мире сейчас появляются новые типы школьных зданий. В этой связи учебный процесс усложняется, дифференцируется, что приводит к трансформации архитектурно-планировочной структуры учебного здания – увеличение функционального состава, номенклатуры помещений, усложнение планировочной организации.

На основе исследования нами выведено понятие «интеллектуальная школа». «Интеллектуальная школа» – единственная в мировой практике комплексная образовательная технология, причем она трактует образование не как совокупность знаний, не ограничивается насыщением интеллекта только знаниями, а включает и воспитание души, культуру духа. И все это разворачивается на базе современного архитектурного пространства школьного здания, обеспечивая дружелюбную среду для оптимального развития каждого ребенка.

Нами были предложены критерии, которые определяют «интеллектуальную школу». Это, в первую очередь, создание дружелюбной среды: безопасной, благоприятной среды обучения, воспитания и общения, где отсутствуют угрозы, риски здоровью физическому и нравственному, исключается нанесение вреда и ущерба. Во-вторых, это использование всех инновационных технологий в обучении. Это и игровое обучение, или погружение с помощью интерактивных технологий в изучаемую дисциплину. Например, на светящихся ступенях школьной лестницы можно увидеть свой вес, скорость движения, данные кинетической и потенциальной энергий. Или когда на стенах в учебном помещении возникают картины сражений, изучаемых событий. При такой организации школьного здания повышается успеваемость учащихся, при этом новые знания вызывают неподдельный интерес и мотивацию для дальнейшего изучения. То есть само школьное здание включается непосредственно в учебный процесс. В-третьих, наличие личного и общественного пространств, причем они вариативны,



пластичны. В-четвертых, экологичность (инсоляция, дневной свет, качество воздуха внутри помещения, температура воздуха в помещении) и связь с природой школьного здания. В-пятых, наличие не только спортивной зоны, но и ее элементов во всем школьном здании. В-шестых, определенная изолированность учебной части, ее закрытость от шума и посторонних, и открытость – связь с жилым районом, с родителями, местными жителями, которые тоже могут использовать часть школьных помещений вечером для обучения, для проведения совместных мероприятий детей и взрослых.

Анализ современных зарубежных школ и проектов школьных зданий, построенных в начале XX века, уже показывает наличие черт «интеллектуальных школ». А некоторые из этих школьных зданий уже смело можно назвать «интеллектуальными школами».

Рассмотрим эти современные зарубежные школьные здания.

Школа в Нидерландах, г. Алфен, 2019 г. Бюро Spring Architecten u Moederscheim Moonen Architects (см. цв. вклейку, рис. 1).

Была произведена реконструкция старого здания школы. И в результате учебная функция и спортивная функция были разнесены в два отдельных объема, что позволило провести реконструкцию в два этапа. В здании школы вообще нет коридоров, только учебные аудитории. Все они компактно сгруппированы вокруг центрального ядра. В холлах и центральном ядре также могут проходить учебные занятия и всевозможные школьные мероприятия, также в них установлены горки и качели. Много свободного пространства и оно как бы перетекает из одного объема в другой, создавая удивительный эффект единения. Единения старших и младших школьников, учителей и учеников, родителей и детей. Благодаря включению внутреннего остекления перегородок и дверей сразу ощущаешь школу как единый организм, как важную сторону жизни любого человека. Любопытна статистика: количество неуспевающих в новом школьном здании снизилось практически до минимума.

Фасад здания с яркими цветными планками создает своеобразный компромисс между зданием и окружающим пространством. Объемы разновысотные и цветная стальная рейка объединяет их. Входы в здание школы оформлены крупными порталами.

Энергоэффективные технологии активно использованы при реконструкции школы. Применена система теплого насоса, в ней наружный воздух является источником энергии. В здании школы размещено много фотоэлектрических панелей, поэтому во всех аудиториях можно индивидуально подобрать комфортные значения отопления, вентиляции и освещения, а если необходимо, то и охлаждения.

На территории школы бережно сохранили большие деревья. А три разных по величине спортивных зала композиционно сгруппированы вокруг раскидистого дерева. В отделке также использованы натуральные материалы, в том числе дерево.

Рассматриваемую школу, можно назвать «интеллектуальной», т. к. она соответствует большинству критериев: открытость и автономность; энергоэффективность и экологичность, инновационность, наличие игровых пространств и создание дружелюбной среды.

Школа Bangkok Prep Secondary Campus, Бангкок, архитектор Вара Джитпратугс 2017 г. (см. цв. вклейку, рис. 2).

Эта школа рассчитана на 750 учеников. На всей территории размещены три основных здания. Первое здание – административный корпус, в нем также

К СТАТЬЕ Е. Ю. АГЕЕВОЙ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ»

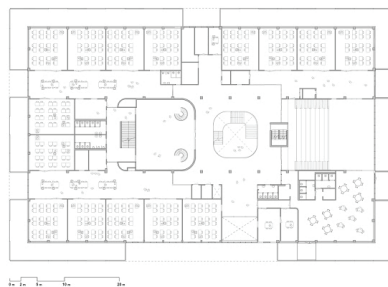


Рис. 1. Школа в Нидерландах, г. Алфен, 2019 г.

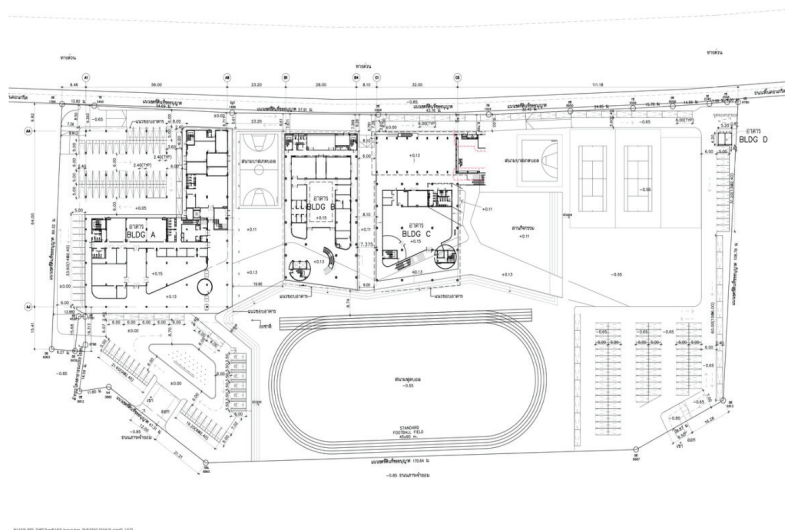
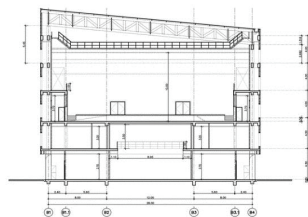


Рис. 2. Школа Bangkok Prep Secondary Campus, Бангкок, архитектор Вара Джитпратутс, 2017 г.



Рис. 3. Wenzhou Dalton Elementary School, Китай, 2017 г.



Рис. 4. Eхupery International School, Латвия, Архитекторы Juris Lasis, Laura Pelse, 2016 г.

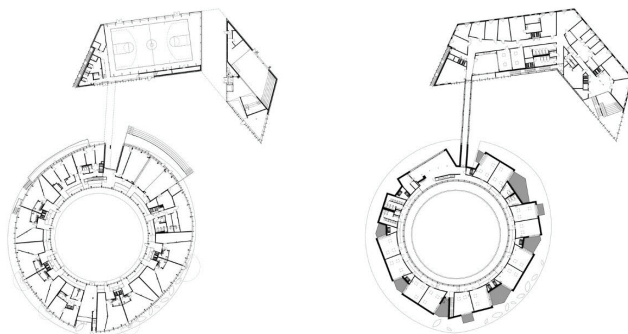


Рис. 5. План 1-го и 2-го этажей Eхupery International School, Латвия, Архитекторы Juris Lasis, Laura Pelse, 2016 г.



Рис. 6. Школа в Швейцарии, г. Берн, 2017 г.



Рис. 7. Школа WeGrow, Нью-Йорк, 2019 г.

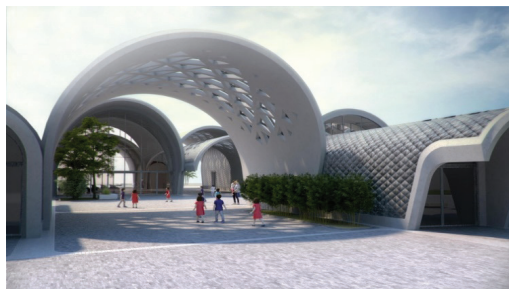


Рис. 8. Начальная школа Лушань, Китай, 2019 г.

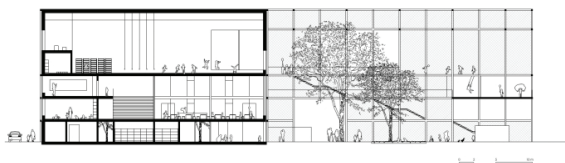


Рис. 9. Школа в районе Ауде-Доккен, Бельгия, 2015 г.

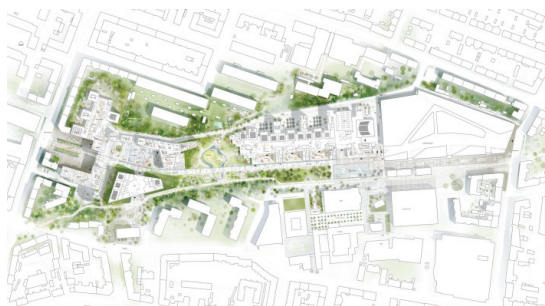


Рис. 10. Проект Кампуса Копенгагенской школы бизнеса, 2018 г.



расположены спортивный комплекс с бассейном олимпийского размера, гимнастический зал, помещения для фитнеса, танцевальный зал, крытые баскетбольные площадки.

Затем идет здание Центра творческого искусства. В нем есть мастерские для работ по дереву, электронные лаборатории, студия звукозаписи. В этом корпусе размещен полноценный зрительный зал на 400 мест.

И уже третье здание – это учебный шестизэтажный корпус. На каждом этаже свое общественное пространство для игр и мероприятий. На первом этаже размещена библиотека с необычным дизайном помещений.

Каждое здание из трех зданий имеет связь с футбольным полем. И именно это футбольное поле, размещенное на уровне земли, объединяет их в единое целое. И ученики могут разными способами проходить в каждое здание еще и вокруг футбольного поля.

Эту школу еще нельзя назвать полностью «интеллектуальной», но пластичность форм, экологичность, наличие общественных пространств, безопасность, наличие игровых территорий, свобода планировки и определенная автономность дают право отнести нам эту школу к разряду «интеллектуальных».

Wenzhou Dalton Elementary School, Kumay, 2017 г. (см. цв. вклейку, рис. 3).

Школа расположена в восточной части Китая, в городе Вэньчжоу. В этом месте достаточно жаркий климат, перемежающийся с периодом дождей. Поэтому стояла задача создания комфортной среды. Все корпуса школы объединены на платформе и соединяет их атмосферостойкий коридор. Это планировочное решение обеспечивает детям как можно больше места для занятий в дождливое время года.

Пространство вокруг учебного корпуса изобилует закрытыми по бокам детскими площадками, крытыми дорожками, горками и лестницами. В классных комнатах есть выход во внутренний сад.

Главный цилиндрический объем – это своеобразное лобби, служит переходом от внешнего пространства к помещениям школы. В него входит большой приемный зал для учителей, чтобы приветствовать детей перед посещением школы, но также и зона ожидания для родителей после школы. Внутри размещена как бы нижняя часть полушара – купола, к которому ведет поднимающаяся лестница.

Наружные стены этого объема изготовлены из перфорированных алюминиевых панелей с узорами, напоминающими листья и тени деревьев.

В другом корпусе запроектированы двойные коридоры, в них размещены небольшие сады для каждой классной комнаты.

На всех этажах учебного корпуса есть открытые пространства с цифровыми мультимедиа. Целые этажи выполнены в тематике Лего или оформлены как художественные выставки.

В главном учебном корпусе есть зал многофункционального назначения с профессиональным видео и акустическим оборудованием, также в этом корпусе находятся крытые баскетбольные площадки.

Школу *Wenzhou Dalton Elementary School*, можно назвать «интеллектуальной». Здесь есть следующие критерии: открытость пространств и их необходимая автономность; связь с природой – это сады и большие, и при каждой классной комнате; пластичность форм и перетекание пространства; энергоэффективность и экологичность; создание дружелюбной среды с игровыми пространствами и, несомненно, инновации в оборудовании и интерьерах школы.



Exupery International School, Латвия, Архитекторы Juris Lasis, Laura Pelse 2016 г. (см. цв. вклейку, рис. 4, 5).

В этом частном образовательном комплексе объединены детский сад и школа. Все подчеркнуто функционально. И дети всех возрастов могут видеть друг друга, и постепенно взрослея переходить из корпуса в корпус.

Идея архитекторов – создать в форме этой школы модель Вселенной. Идея проекта в том, что школа – это модель Вселенной, где есть выход для учеников и в городскую среду, и загородную, и лесную, и глобальную, где ученикам доступна лесная, загородная, городская и глобальная среда. Интерьерное решение все подчинено этой задаче. Даже внутренний двор оформлен соответственно: во дворе есть деревья, мох, трава, песок. Эта школа, словно сонм небольших планет.

Все помещения с мобильными перегородками. И их всегда можно объединить в большие пространства. Нет прямых коридоров, все плавно перетекает по горизонтали и по вертикали.

Группы детского сада расположены тоже по кругу. И внутренний двор защищен от шума и ветра. Из своего внутреннего круглого двора дети могут наблюдать школьные мероприятия. И вообще старшие и младшие дети здесь в непрерывных отношениях и связи.

Объем школьного здания создает барьер между шоссе и детским садом. На первом этаже размещены помещения и пространства для общественных мероприятий, а также классы для занятий химией, физикой, языками, искусством, ремеслами, библиотека.

Классные комнаты школы имеют выход на остекленные веранды, откуда просматривается жизнь детского сада.

Фасад состоит из чередования вертикальных алюминиевых и стеклянных элементов, при этом алюминиевые элементы четко отражают солнце в стеклянные, создавая больше освещения и тепла внутри здания. Есть на фасаде и элементы из сибирской лиственницы. И в отделке интерьера есть деревянные элементы из березы. Дерево вообще аутентично и экологично для менталитета этой земли.

Данную школу вполне можно отнести к «интеллектуальной»: это и открытость, и мобильность, и пластичность, энергоэффективность, экологичность, инновационность, дружелюбность пространства.

Школа в Швейцарии, г. Берн, 2017 г. (см. цв. вклейку, рис. 6).

Школа расположена в жилом районе в швейцарской деревне Порт. Выразительная складчатая крыша создает характер здания и переключается с местным ландшафтом. Выглядит очень уютно, по-домашнему. На первом этаже расположены административные помещения, школьная столовая, мастерские и классные комнаты. Конечно, наиболее уютными оказываются верхние классные комнаты, каждая под отдельным скатом выглядит как домик, что очень нравится детям. И свет попадает в такие угловые помещения максимально долго. Имеется и верхнее освещение, через световые люки

Все классные комнаты имеют связь с общей многофункциональной рабочей зоной. Такое объемно-планировочное решение обеспечивает максимальную гибкость для текущих и будущих методик преподавания и обучения.

Основное конструктивное решение – это сборные деревянные конструкции. Дерево как единственный строительный материал используется для фасада и интерьера.

Эта школа имеет рейтинг MINERGIE-A. То есть в соответствии с кодексом Швейцарской Конфедерации, в здании высококачественная воздухопроницаемая



оболочка при постоянной вентиляции воздуха. На крыше школы более 1100 солнечных батарей вырабатывают около 300 кВт энергии, что достаточно для покрытия энергопотребления самой школы, а также для дополнительной энергии около 50 домашних хозяйств.

Данную школу можно назвать «интеллектуальной» т. к. тут есть все необходимые критерии:

Школа WeGrow в Нью-Йорке проект 2019 г. (см. цв. вклейку, рис. 7);

Школа WeGrow для детей возрастом от трех до девяти лет – экспериментальная идея для развития в детях суперспособностей.

В основе идеи – отказ от заведомо главного положения учителя и подчиненного положения ребенка. Учителю здесь отведена роль соавтора жизни ребенка. И в проектном решении это нашло отражение в отказе от четкой структуры классных комнат, все помещения плавные и лишены острых углов. Вместо стен – стеллажи, что позволяет осветить максимально все пространство.

Главная форма в этой школе – овал. И сидения, и модули-убежища, и классы, игровые ландшафты – все имеет овальную форму. Используется в отделке дерево и фетр, все формы мягкие, чтобы максимально обезопасить ребенка.

На первом этаже просторный вестибюль, где родители могут и поработать, пока ждут ребенка. Имеются художественная и акустическая студии.

Для старших детей предназначены отдельные классные комнаты. Они могут использоваться как для гуманитарных, так и для естественных наук. Классы отделены при помощи стеклянных перегородок, таким образом, учебное пространство сообщается и поддерживает энергию единства.

В данном проекте есть основные критерии «интеллектуальной» школы. Для открытости используются стеклянные перегородки. В отделке школы используется экологичный материал – дерево. В школе много игрового пространства. Дети учатся в процессе игры. Учитель – это соавтор ребенка. Он помогает ему, помогает преодолеть разные трудности.

Проект начальной школы Лушань, Китай, 2019 г. архитектор Цзингань Юй (см. цв. вклейку, рис. 8).

Школа рассчитана на 120 детей. Планируется использовать новейшие достижения Интернет-обучения и задействовать приглашенных преподавателей и художников.

Здание строят над рекой, на небольшом «полуострове». Его уровень искусственно увеличен на пять метров выше уровня паводков за последние 50 лет.

Здесь будет часть классов под открытым небом, спортивные площадки. В комплекс войдут, помимо самой школы, общежитие и подсобные корпуса. Все они будут перекрыты параболическими и полуциркульными сводами, служащими одновременно и несущей, и ограждающей конструкцией. Их проемы обрамляют живописные пейзажи вокруг; ориентация здания позволяет проникать внутрь оптимальному объему света, при этом защищая выносами кровель интерьер от жары субтропического климата.

Проект начальной школы Лушань в Китае – первый, где классы находятся под открытым воздухом. Классы перекрыты параболическими сводами, кровля которых защищает от перегрева класса. Данная школа является центром Лушаня. Здесь можно не только учиться, но также проводить различные мероприятия для жителей деревни. Большая территория школы позволяет детям гулять, играть на свежем воздухе.



Школа в районе Ауде-Доккен, Бельгия, 2015 г. Бюро XDGA (см. цв. вклейку, рис. 9).

В новом здании размещены начальная школа на 240 учеников, центр продленного дня на 56 мест и ясли на 28 мест. Также предусмотрены спортивные сооружения, которые будут использовать как школьники, так и жители окрестных домов.

Все это размещено в двух объемах – открытом и закрытом. Вместе они занимают максимально возможную часть участка, а объединяет их внешний каркас из оцинкованной стали.

В объеме, где собраны все пространства «на открытом воздухе», каркас частично закрыт металлической сеткой, которая станет опорой для вьющихся растений. Проемы в сетке вторят сочетанию монолитных и прозрачных частей «закрытого» объема, из окон которого открываются виды на близлежащие площадь, улицу, пристань и парк.

Проект Кампуса Копенгагенской школы бизнеса, 2018 г. проект Бюро C. F. Møller совместно со студией Transform (см. цв. вклейку, рис. 10).

Копенгагенская школа бизнеса – главный бизнес-университет в Дании. В этом проекте кампуса активно используются современные технологии ландшафтного дизайна: вертикальное озеленение учебных помещений, озеленение крыш и фасадов школьных зданий.

Уплотняя существующую застройку, новые multifunctional сооружения с зелеными крышами выстраиваются очень компактно, чтобы оставить как можно больше свободного пространства для проведения общественных мероприятий. Основной принцип внутренней планировки новых и реконструируемых зданий – это возможность легкой трансформации помещений под нужды обитателей. В целом проект нацелен на сохранение и приумножение естественных качеств существующего ландшафта: «место, где каждому найдется место» становится «зеленым сердцем» города, где есть водоемы, висячие сады и лекционные аудитории с панорамным видом на парк.

Итак, мы видим, что внедрение современной технологии обучения, вызывает пересмотр системы функционального зонирования, состава и площадей помещений школ, изменения объемно-планировочного решения школьного здания. Все рассмотренные зарубежные школы можно отнести к «интеллектуальным». Перечисленные выше критерии «интеллектуальной школы» и являются современными архитектурными тенденциями проектирования школьных зданий.

Именно «интеллектуальные школы», на наш взгляд, способны изменить типовые представления об образовании, сформировать гибкую систему обучения, которая будет направлена на раскрытие индивидуальности каждого ребенка. Основой концепции современной школы должно быть сочетание детской инициативы и любознательности с организованной и продуманной школьной системой, с присущей ей заботой об учащихся и их безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черноиваненко, Е. И. Логика человеческой жизни / Е. И. Черноиваненко – Москва : АСТ, 2020. – 770 с. ; ISBN 978-5-17-119844-2 – Текст : непосредственный.
2. Гельфонд, А. Л. Архитектура общественных пространств : монография. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 412 с. – ISBN 978-5-16-014070-4. – Текст : непосредственный.
3. Агеева, Е. Ю. Эволюция архитектуры школьных зданий: объемно-планировочные



и конструктивные решения : монография / Е. Ю. Агеева, А. А. Сидорина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2017. – 191 с. : ил., табл.; 29 см.; ISBN 978-5-528-00195-1 – Текст : непосредственный.

4. Агеева, Е. Ю. Современные тенденции проектирования школьных зданий: отечественный опыт / Е. Ю. Агеева // Приволжский научный журнал, № 4 (56). Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2020. С. 240–249.

5. Олег Сочалин. Школьная архитектура будущего / ARCHITIME.RU 2/2020 URL: https://www.architime.ru/news/waf/schools_of_the_future.htm.

6. Марина Игнатушко. Школы: свет и свежесть / Arhi.ru , 05.01.2021 – URL: <https://archi.ru/tech/88517/shkoly-svet-i-svezhest> – Текст : электронный.

7. А. Р. Ключко, Е. И. Коровина. Развитие архитектуры школьных зданий в России и в мире/ AMIT 2(39) 2017 URL: https://marhi.ru/AMIT/2017/2kvart17/PDF/08_AMIT_39_KLOCHKO_KOROVINA_PD.pdf – Текст: электронный.

AGEEVA Elena Yurevna, doctor of philosophic sciences, professor of the chair of architecture

MODERN TRENDS IN DESIGNING SCHOOL BUILDING: FOREIGN EXPERIENCE

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

Key words: architecture of school buildings, "intellectual" school, space-planning and compositional design solutions of school buildings.

The introduction of modern technologies and changes in education causes necessary changes in the design of school buildings. "Intellectual schools" are emerging to ensure the safe and maximum development of the child. The role of intellectual schools is precisely in their ability to change the typical ideas about education and the space-planning solution of school buildings.

REFERENCES

1. Chernoiivanenko E. I. Logika chelovecheskoy zhizni [The logic of human life] / Moscow : AST, 2020. – 770 p. ; ISBN 978-5-17-119844-2.

2. Gelfond A. L. Arkhitektura obshchestvennykh prostranstv [Architecture of public spaces] : monografiya. – Moscow : INFRA-M, 2019. – 412 p. – ISBN 978-5-16-014070-4.

3. Ageeva E. Yu., Sidorina A. A. Evolyutsiya arkhitektury shkolnykh zdaniy : obyomno-planirovochnye i konstruktivnye resheniya [Evolution of school buildings' architecture: space-planning and design solutions] : monografiya; Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Nizhegorodskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet". Nizhny Novgorod : NNGASU, 2017, 191 p. : il., tabl.; 29 sm.; ISBN 978-5-528-00195-1.

4. Ageeva E. Yu. Sovremennyye tendentsii proektirovaniya shkolnykh zdaniy: otechestvennyy opyt [Modern trends in designing school buildings: domestic experience] / Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal], № 4 (56) Periodicheskoe nauchnoe izdanie. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2020. P. 240–249.

5. Oleg Sochalin. Shkolnaya arkhitektura buduschego [School architecture of the future] / ARCHITIME.RU 2/2020 URL:https://www.architime.ru/news/waf/schools_of_the_future.htm.

6. Marina Ignatushko. Shkoly: svet i svezhest [Schools: light and freshness] / Arhi.ru,



05.01.2021 – URL: <https://archi.ru/tech/88517/shkoly-svet-i-svezhest>.

7. Klochko A. R., Korovina E. I. Razvitie arkhitektury shkolnykh zdaniy v Rossii i v mire [Development of architecture of school buildings in Russia and in the world] / AMIT 2(39) 2017 URL:https://marhi.ru/AMIT/2017/2kvart17/PDF/08_AMIT_39_KLOCHKO_KOROVINA_PDF.pdf.

© Е. Ю. Агеева, 2021

Получено: 11.01.2021 г.

УДК 728.1:624.014.7

Н. О. ПРОХОЖЕВ, аспирант кафедры архитектурного проектирования

АНАЛИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ КАРКАСНЫХ СИСТЕМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: nikiarch94@gmail.com

Ключевые слова: жилые здания, легкие металлические конструкции, история архитектуры.

Цель статьи – выявить особенности архитектурного освоения металла и применения легких металлических конструкций при проектировании жилых зданий. В работе отражен анализ развития архитектуры каркасных жилых зданий из металла. В результате были выявлены перспективы и актуальные тенденции совершенствования легких металлических каркасных систем жилых зданий.

Возникновение современных металлических каркасных систем жилых зданий исторически связано с развитием металлургии и поиском новых архитектурных методов рационализации конструктивно-технологических решений.

Первая половина XIX века характеризуется образованием традиционных форм металлоконструкций из сварочного железа: уголкового, таврового проката в Англии в 1820 году, швеллеров и двутавров во Франции в 1849 году. Впервые в 1801 году английскими инженерами М. Бултоном и Д. Уаттом металлические стойки и балки были объединены в многоэтажную каркасную систему с наружными кирпичными стенами, которая получила название «сэлфордский» каркас и применялась в Англии и США на протяжении всего XIX века [2, с. 31].

Во второй половине XIX века процесс совершенствования металлических конструкций и их систем был сопряжен с открытием промышленных способов получения стали. В 1872 году французским архитектором Ж. Сонье для здания шоколадной фабрики Менье был впервые сконструирован стальной каркас, который полностью воспринимал вес наружных ограждающих конструкций [5, с. 11]. Произошла дифференциация конструктивной системы зданий из металла на фасадную систему и несущий стальной каркас. Американские архитекторы Д. Богадурс и Д. Баджер при строительстве жилых и конторских зданий в США также применяли металлический каркас, полностью воспринимающий собственный вес здания [1, с. 378]. Высота жилых зданий, выполненных Д. Богардусом, достигала 10 этажей. Примером смешанной жилой и коммерческой застройки может служить

Сохо – исторический квартал Нью-Йорка, где во второй половине XIX века здания выполнялись преимущественно с использованием металлического каркаса [18, с. 6].

В 1880–1890 годах в Чикаго сформировался наиболее совершенный на тот период времени тип многоэтажного здания: собранный на заклепках металлический каркас с несгораемыми междуэтажными перекрытиями из керамических пустотелых элементов [11, с. 11]. Для строительства жилых зданий малой и средней этажности применялись сборные деревянные и металлодеревянные конструкции, использующие особенности различных материалов. Производство подобных домостроительных комплексов осуществлялось в США с 1861 года организацией “*Skilling&Flint*” [16], в Германии с 1882 года – “*Christoph&Unmack*” [13].

В период до 1910-го года полного перехода на стальное каркасно-панельное строительство не произошло, несмотря на поддержку крупных корпораций “*McClintic-Marshall Corporation*” и “*Gary Structural Steel Corporation*” [8, с. 25].

Период с 1920 по 1950 год характеризуется возникновением базовых подходов к проектированию металлокаркасных систем жилых зданий малой и средней этажности. Внедрение новых строительных материалов (базальтовые теплоизоляционные плиты, гипсоволокнистые плиты, торфоизоляционные плиты, фарфорово-эмалированные облицовочные панели и прочее) в сочетании с металлокаркасной системой дало разнообразные по своим конструктивным и технологическим параметрам решения жилых зданий.

До 1930-х годов в США, Великобритании, Франции, Германии, Бельгии, Швеции шло экспериментальное проектирование в области каркасного и каркасно-панельного строительства сборных жилых зданий малой и средней этажности из легких металлических конструкций. Крупный горячекатаный металлопрокат использовался преимущественно при проектировании зданий повышенной этажности.

В Великобритании около 10 000 зданий с металлической каркасной системой “*Dorlonco house*” было построено в период между 1920 и 1928 годами [8, с. 16]. В 1946 году распространение получили каркасные системы из холодногнутых металлических профилей, производство которых спонсировалось организациями “*British Iron and Steel Federation*” (рис. 1) и “*Birmingham Corporation*” [9, с. 290–292].

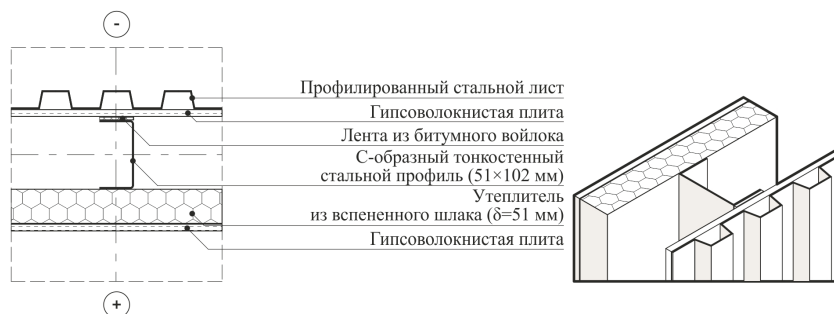


Рис. 1. Каркасно-панельная система – *B.I.S.F. Steel frame*, 1946 год, Великобритания, Мидлсекс

В 1927 году во Франции сталелитейная промышленность обеспечила финансовую поддержку для реализации новых решений каркасных фасадных систем, частично состоящих из металлических строительных изделий (закладных деталей, просечно-вытяжных металлических сеток и прочих изделий). Идеи

стандартизации и внедрения требований модульной координации размеров сборных конструктивных элементов и их систем получили широкое признание во Франции. Многоквартирный жилой дом “*Immeuble Clarte*” (арх. Ле Корбюзье, 1930 год) и общежитие швейцарских студентов “*Pavillon Suisse*” (арх. Ле Корбюзье, 1932 год) в Интернациональном студенческом городке служат примером использования смешанной каркасной системы из монолитного железобетона и стального проката.

В Германии после 1918 года экономические последствия войны не позволили экспериментировать со сборным строительством в больших масштабах до 1926 года. В сфере строительства жилых зданий малой и средней этажности распространение получила металлическая каркасно-панельная система “*Stahlbaubau*” (рис. 2), применяемая на территории Верхней Силезии, Кельна и Мюнхена с 1928 по 1929 год [10, с. 73]. В 1930 году В. Горпиус предложил решение металлической каркасной системы для жилых зданий (рис. 3), образованной из металлических швеллеров и Z-образных профилей, обшитых пробковым утеплителем и асбестоцементными плитами [7, с. 435].

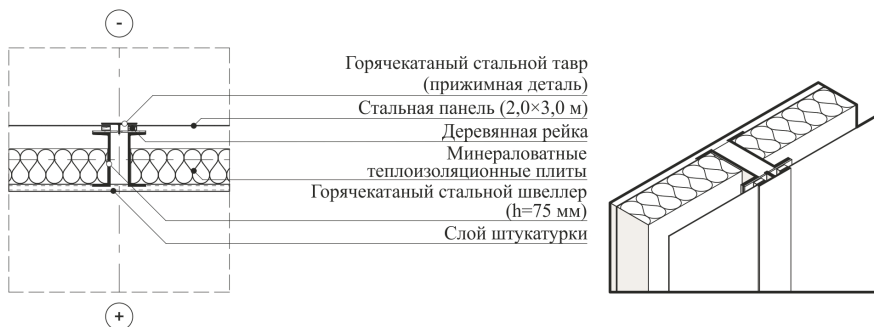


Рис. 2. Каркасно-панельная система – *Stahlbaubau*, 1928 год, Германия

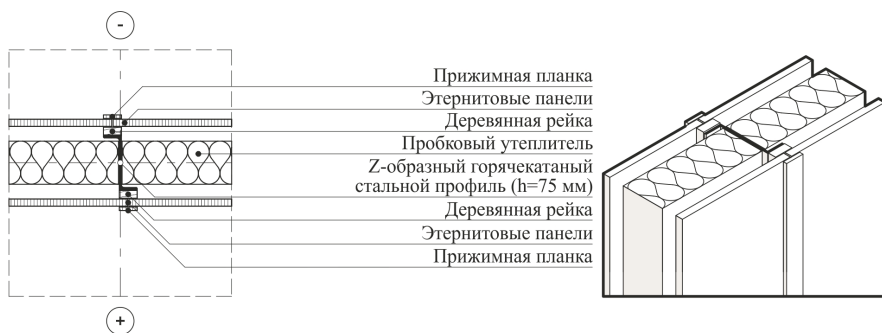


Рис. 3. Индивидуальный жилой дом в поселке Вейсенгоф, арх. В. Гропиус, 1927 год, Германия, Штутгарт

В США первое значительное производство стандартизированных металлических конструкций было основано в 1917 году в Кливленде, штат Огайо. “*The Austin Company*” предлагала готовые проекты жилых зданий из сборных металлоконструкций. Крупной организацией “*McClintic-Marshall Corporation*” в 1931 году была предложена каркасная система из перфорированных тонкостенных

профилей I-образного и U-образного сечений [7, с. 519–521].

В период с 1925 по 1935 год разработка аналогичных конструктивных решений малоэтажных жилых зданий из тонкостенных металлических элементов спонсировалась организациями “United State Steel Corporation”, “Gary Structural Steel Corporation”, “Stran-Steel Corporation” (рис. 4), “Lustron House Corporation” (рис. 5), “Steel-Bilt Homes Incorporated” [7].



Рис. 4. Каркасно-панельная система – *Stran-Steel*, 1933 год, США

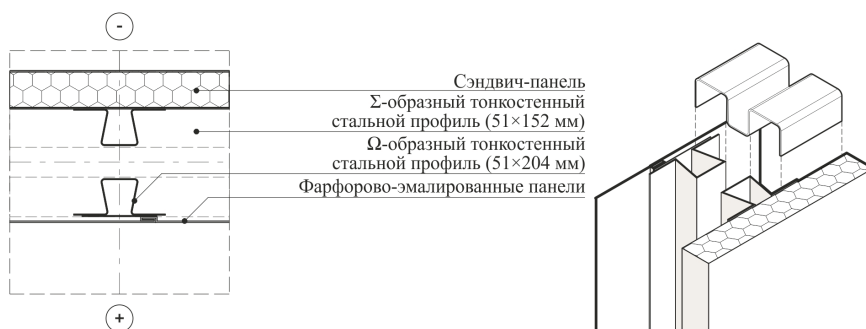


Рис. 5. Каркасно-панельная система – *Lustron House*, 1947 год, США

Принцип конструктивно-функциональной дифференциации металлического каркаса на самонесущую конструкцию фасада и несущие элементы каркаса здания получил свое дальнейшее осмысление в массовой архитектуре 1940-50-х годов. Светопрозрачный фасад с легким стоечно-ригельным каркасом, образованным из укрупненных навесных панелей, приобрел самостоятельное архитектурно-художественное и функционально-конструктивное значение. Классическими примерами использования речной структуры фасада при проектировании многоквартирных жилых зданий могут служить жилые дома на 860-880 *Lake Shore Drive* (арх. Л. Мис ван дер Роэ, 1951 г., Чикаго, США) и жилой комплекс “*Lafayette Towers*” (арх. Л. Мис ван дер Роэ, 1963 г., Детройт, США) [14, с. 124–125].

В 1960-х годах открытый металлический каркас получил признание в качестве архитектурного средства, расширяющего объемно-планировочные и архитектурно-художественные возможности применения металлических конструкций [5, с. 36]. Для обеспечения атмосферостойкости открытого металлического каркаса используются конструкционные материалы, не



нуждающиеся в дополнительной коррозионной защите. В 1960-е годы широкое применение получила устойчивая к атмосферной коррозии кортеновская сталь (COR-TEN A, COR-TEN B).

В 1970-х годах в отечественной архитектурно-строительной практике сформировалась самостоятельная отрасль производства легких металлических конструкций (ЛМК). Распространение получили каркасы на основе рам переменной жесткости, каркасы на основе решетчатых рам из гнутосварных профилей (ГСП), каркасы на основе холодногнутой стальной конструкции, покрытия для одноэтажных промышленных зданий пролетами 18–30 метров [4]. Дальнейшее развитие отечественного капитального строительства в 1980-х годах было направлено на:

- обеспечение опережающего роста выпуска наиболее экономичных видов проката черных, легких цветных металлов;
- организацию производства холоднокатаного листового проката, гнутых профилей, стальной холоднокатаной ленты;
- расширение практики полносборного строительства [6, с. 243–247].

В соответствии с «Техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов» [3] допускалось применять ЛМК для зданий (за исключением гидротехнических сооружений, жилых, общественных и вспомогательных зданий предприятий) в районах строительства в которые затруднена доставка сборных железобетонных конструкций [3, с. 2].

В период до 2000-х годов границы применения металлокаркаса при строительстве жилых зданий расширялись:

- совершенствовались базовые решения металлокаркасных жилых зданий, разработанные в период между 1920–1950 годами;
- осваивались перспективные методы строительного производства: каркасно-панельные, каркасно-ствольные, каркасно-блочные строительные системы металлокаркасных жилых зданий (влияние тенденций структурализма, техницизма, метаболизма, хай-тека) [19, с. 31–37].

На данный момент мероприятия по обработке металлоконструкций на технологичность и комплексность служат эффективным средством уменьшения деформативности тонкостенных металлоконструкций и обеспечения общей жесткости каркаса жилых зданий. Способы строительства жилых зданий из полносборных металлических конструкций еще не достигли своей технологической зрелости. Однако направление объемно-блочного домостроения продолжает развиваться. Например, проект семизэтажного жилого дома “*Stack building*” (архитектурная мастерская “*The Gluck*”, Нью-Йорк, США, 2014 г.) и проект десятиэтажного жилого дома “*My Micro building*” (архитектурная мастерская “*nARCHITECTS*”, Нью-Йорк, США, 2016 г.) демонстрируют передовые изменения в современном полносборном домостроении, где объемно-пространственные элементы выполнены из легких стальных каркасных панелей и рам [15, с. 65].

В контексте темы исследования интерес представляет современный опыт применения транспортных контейнеров в качестве объемно-пространственных строительных элементов (модулей). В настоящее время в британских портах находятся 125 000 брошенных контейнеров, в США – 700 000 контейнеров [17, с. 174]. Сотрудники североамериканского Института модульного строительства (*Modular Building Institute – MBI*) проанализировали 41 проект модульных зданий, выполненных в 2017 году в США. Средняя площадь выполненных жилых зданий и гостиниц составила 6 336,92 кв. м, средняя продолжительность работ от начала



производства конструкций в заводских условиях до момента сдачи в эксплуатацию составила 207 дней [20, с. 24]. Из 41 рассмотренного проекта ни один не превысил годовичного периода строительства.

Следует отметить, что в условиях расширения сферы применения ЛМК не сформировалось общего подхода к проектированию каркасных систем жилых зданий из металла. Разный уровень изученности влияния физико-механических и технологических качеств металлоконструкций на параметры жилых зданий затрудняет оценку проектных решений на их соответствие расчетным и нормативным требованиям. Для истории развития каркасных систем жилых зданий из ЛМК характерными являются следующие особенности:

- тенденция совершенствования каркасных систем жилых зданий на основе дифференциации металлоконструкций по их функционально-конструктивному назначению;
- тенденция повышения степени заводской готовности (комплексности и технологичности) конструктивных элементов каркаса, непосредственно влияющей на физико-механические и технико-экономические качества тонкостенных металлоконструкций;
- тенденция рационального совмещения каркасных систем из ЛМК с конструктивными системами из других материалов на основе модульной координации размеров и открытой системы стандартизации конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Всеобщая история архитектуры. В 12 томах. Том 10. Архитектура XIX – начала XX вв. / под редакцией С. О. Хан-Магомедова. – Москва : Стройиздат, 1972. – 592 с. – Текст : непосредственный.
2. Мардер, А. П. Металл в архитектуре / А. П. Мардер. – Москва : Стройиздат, 1980. – 232 с. – Текст : непосредственный.
3. ТП 101-81*. Технические правила по экономному расходованию основных строительных материалов : утвержден Госстроем СССР 02 ноября 1981 г. № 188 : дата введения 01.01.1985. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 48 с. – Текст : непосредственный.
4. Фисун, В. А. Здания из легких металлических конструкций (ЛМК) – современное состояние и перспективы развития / В. А. Фисун, А. А. Константинова. – Текст : непосредственный // Наука и техника транспорта. – 2011. – № 3. – С. 107–112.
5. Харт, Ф. Атлас стальных конструкций. Многоэтажные здания / Ф. Харт, В. Хенн, Х. Зонгаг ; перевод с немецкого Л. В. Руфа, Е. К. Гринева. – Москва : Стройиздат, 1977. – 351 с. – Текст : непосредственный.
6. 25-й съезд КПСС (24 февраля – 5 марта 1976 года) : стенографический отчет. – Москва : Политиздат, 1976. – Т. 2. – 599 с. – Текст : непосредственный.
7. Bemis, A. F. The evolving house. Rational design / A. F. Bemis. – Massachusetts, USA: MIT Press, 1936. – 625 p.
8. Burnham, K. The prefabrication of houses / K. Burnham. – New York, USA : MIT Press, 1951. – 466 p.
9. Catalogue of house building construction systems. – Ottawa, Canada : Central Mortgage and Housing Corporation, 1960. – 392 p.
10. Herbert, G. The dream of the factory-made house: Walter Gropius and Konrad Wachsmann / G. Herbert. – Massachusetts, USA : MIT Press, 1984. – 407 p.
11. Leslie, Th. Chicago skyscrapers, 1871-1934 / Th. Leslie. – Illinois, USA : University of Illinois Press, 2013. – 264 p.
12. Mikula, E. K. Metal building systems / Kevin E. Mikula. – Florida, USA : University of Florida, 1988. – 220 p.



13. Niesky, O. L. Wohnhauser aus Holz / O. L. Niesky. – Dresden, Germany : Christoph&Unmack, 1940. – 110 p.
14. Pawley, M. Mies van der Rohe / M. Pawley, Y. Futagawa. – New York, USA : New York, Simon and Schuster, 1970. – 134 p.
15. Rupnik, I. Mapping the modular industry / I. Rupnik // Offsite architecture. – New York, USA : Routledge, 2017. – P. 55–76.
16. Skilling, D. N. Portable sectional buildings: illustrated catalogue / D. N. Skilling. – Boston, USA : Andrew Holland, 1862. – 53 p.
17. Smith, R. E. Prefab architecture: a guide to modular design and construction / R. E. Smith. – Hoboken, USA : John Wiley and Sons, 2011. – 366 p.
18. SoHo-Cast iron historic district extension : designation report / J. V. Lindsay [et al.] // New York City Landmarks Preservation Commission. – NY, USA: Columbia University Libraries, 1973. – 239 p.
19. Staib, G. Components and systems: modular construction – design, structure, new technologies / G. Staib, A. Dörrhöfer, A. Rosenthal. – Basel, Switzerland : Birkhauser, 2009. – 239 p.
20. Summary of permanent modular construction for year-end 2017 / Modular Building Institute Report. – USA : MBI, 2017. – Q. 3. – 40 p.

PROKHOZHEV Nikita Olegovich, postgraduate student of the chair of architectural design

ANALYSIS OF THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF LIGHT METAL FRAME SYSTEMS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: nikiarch94@gmail.com
Key words: residential buildings, light metal structures, history of architecture.

The purpose of the article is to identify features and trends of using metal structures in architectural design of residential buildings. The article contains a historical analysis of the development of architecture of frame residential buildings made of metal. As a result, prospects and current trends in the improvement of light metal frame systems of residential buildings are identified.

REFERENCES

1. Vseobshchaya istoriya arkhitektury. V 12 tomakh. Tom 10. Arkhitektura XIX – nachala XX vv. [General history of architecture. In 12 volumes. Vol. 10. The architecture of the XIX – early XX centuries] / pod. red. S. O. Khan-Magomedova. – Moscow: Stroyizdat, 1972. – 592 p.
2. Marder A. P. Metall v arkhitekture [Metal in architecture] / Moscow: Stroyizdat, 1980, 232 p.
3. TP 101-81*. Tekhnicheskie pravila po ekonomnomu raskhodovaniyu osnovnykh stroitelnykh materialov [Technical rules for economical use of basic building materials]: utv. Gosstroem SSSR 02.11.1981: data vved. 01.01.1985. – Moscow: TsITP Gosstroya SSSR, 1985, 48 p.
4. Fisun V. A., Konstantinova A. A. Zdaniya iz lyogkikh metallicheskih konstruktsiy (LMK) – sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Buildings made of light metal structures (LMC) – current state and development prospects] // Nauka i tekhnika transporta [Science and technology in transport]. – 2011. – № 3. – P. 107–112.
5. Hart F., Henn V., Zontag H. Atlas stalnykh konstruktsiy. Mnogoetazhnye zdaniya [Catalogue of steel structures. Multistorey buildings] / per. s nem. L. V. Rufa, E. K. Grinyova.



Moscow: Stroyizdat, 1977. – 351 p.

6. 25-y sezd KPSS (24 fevralya – 5 marta 1976 goda) [The 25th Congress of the CPSU (February 24 – March 5, 1976)]: stenograficheskiy otchyot. – Moscow: Politizdat, 1976. – V. 2. – 599 p.

7. Bemis A. F. The evolving house. Rational design / Massachusetts, USA: MIT Press, 1936. – 625 p.

8. Burnham K. The prefabrication of houses / New York, USA: MIT Press, 1951. – 466 p.

9. Catalogue of house building construction systems. – Ottawa, Canada: Central Mortgage and Housing Corporation, 1960, p. 392.

10. Herbert G. The dream of the factory-made house: Walter Gropius and Konrad Wachsmann / Massachusetts, USA: MIT Press, 1984. – 407 p.

11. Leslie Th. Chicago skyscrapers, 1871–1934 / Illinois, USA: University of Illinois Press, 2013. – 264 p.

12. Mikula E. K. Metal building systems / Florida, USA: University of Florida, 1988. – 220 p.

13. Niesky O. L. Wohnhauser aus Holz / Dresden, Germany: Christoph&Unmack, 1940. – 110 p.

14. Pawley M., Futagawa Y. Mies van der Rohe / New York, USA: New York, Simon and Schuster, 1970. – 134 p.

15. Rupnik I. Mapping the modular industry // Offsite architecture. – New York, USA: Routledge, 2017. – P. 55–76.

16. Skilling D. N. Portable sectional buildings: illustrated catalogue / Boston, USA: Andrew Holland, 1862. – 53 p.

17. Smith R. E. Prefab architecture: a guide to modular design and construction / Hoboken, USA: John Wiley and Sons, 2011. – 366 p.

18. SoHo-Cast iron historic district extension: designation report / J. V. Lindsay [et al.] // New York City Landmarks Preservation Commission – NY, USA: Columbia University Libraries, 1973. – 239 p.

19. Staib G., Dörrhöfer A., Rosenthal A. Components and systems: modular construction – design, structure, new technologies / Basel, Switzerland: Birkhauser, 2009. – 239 p.

20. Summary of permanent modular construction for year-end 2017 / Modular Building Institute Report. – USA: MBI, 2017. – Q. 3. – 40 p.

© Н. О. Прохожев, 2021

Получено: 21.10.2020 г.

ЮБИЛЕЙ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА ПРИВОЛЖСКОГО НАУЧНОГО ЖУРНАЛА, ПРОФЕССОРА С. В. СОБОЛЯ



20 февраля 2021 г. исполнилось 75 лет доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой гидротехнических и транспортных сооружений Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, главному редактору Приволжского научного журнала Станиславу Владимировичу Соболю.

Вся научная и практическая деятельность профессора С. В. Соболя посвящена гидротехническому строительству. В 1975 г. он защитил кандидатскую диссертацию под руководством профессора П. А. Богословского. По результатам научных исследований гидроузлов с водохранилищами в районах Крайнего Севера в 1993 г. Станислав Владимирович защитил докторскую диссертацию, в том же году ему было присвоено ученое звание профессора. С 1995 г. он является заведующим кафедрой гидротехнических и транспортных сооружений ННГАСУ и руководителем научно-педагогической школы «Гидротехническое строительство в сложных природных условиях». В 2006–2013 гг. успешно трудился на посту проректора по научной работе ННГАСУ.

Научная, проектная и экспертная деятельность кафедры гидротехнических и транспортных сооружений распространяется на крупные гидротехнические объекты Приволжского региона и северо-востока России, ежегодно обеспечивает наибольший среди кафедр ННГАСУ объем выполнения научно-исследовательских работ и экспериментальных разработок.

Профессор С. В. Соболев участвовал в реализации международных, все-российских и региональных научных программ: ФЦП «Возрождение Волги» (1998–2006), МНТП «Архитектура и строительство» (1998–2000), Российско-германский проект «Волга – Рейн» (1998–2006) и др. Результаты научных исследований использовались при обосновании проектов ГЭС на Северо-Востоке России, мониторинге безопасности гидротехнических сооружений горно-обогатительных комбинатов Акционерной компании «Алмазы России – Саха», проектировании и мониторинге безопасности гидроузлов и ГЭС на реках Волжского бассейна.

Станислав Владимирович Соболев участвовал в организации научного конгресса Международного научно-промышленного форума «Великие реки» в г. Нижнем Новгороде, явился одним из создателей «Приволжского научного



журнала», учрежденного университетом в 2006 г., успешно работает в диссертационных советах и редколлегиях журналов гидротехнического профиля, много лет работал членом научно-технического совета Верхневолжского бассейнового округа.

Профессор С. В. Соболев – автор более 180 научных трудов, включая 5 монографий, а также 12 изобретений. Сотрудниками возглавляемой им научно-педагогической школы защищены 2 докторские и 5 кандидатских диссертаций. За достижения в науке и образовании Станислав Владимирович Соболев удостоен почетных званий и наград: «Почетная грамота Госстроя России» (2000), «Почетная грамота Министерства регионального развития России» (2005), «Почетный работник высшего профессионального образования России» (2008), «Почетный диплом Губернатора Нижегородской области» (2010).

Ректорат, коллектив преподавателей и сотрудников ННГАСУ, редакционная коллегия Приволжского научного журнала поздравляют Станислава Владимировича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, благополучия и новых достижений на благо российской науки!

ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА А. И. КОЛЕСОВА

10 февраля 2021 года исполнилось 80 лет Александру Ивановичу Колесову, профессору, кандидату технических наук, заведующему кафедрой строительных конструкций Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, Почетному работнику высшего профессионального образования Российской Федерации.

Александр Иванович Колесов в 1969 г. окончил с отличием Горьковский инженерно-строительный институт (ГИСИ) им. В. П. Чкалова по специальности «Промышленное и гражданское строительство» и продолжил научную и трудовую деятельность в вузе. В ученой степени кандидата технических наук он был утвержден ВАК СССР в 1976 году, а в ученом звании доцента – в 1985 г. Стаж педагогической работы А. И. Колесова в университете – 52 года, общий стаж трудовой деятельности – 63 года.

С 1986 по 2016 год возглавлял кафедру «Металлические конструкции», в июне 2016 года возглавил объединенную кафедру «Строительные конструкции». С 1994 по 2012 гг. А. И. Колесов возглавлял инженерно-строительный факультет, с 1998 по 2011 гг., имевший статус инженерно-строительного института.

Значимый вклад в развитие строительной науки Александр Иванович вносит как руководитель одной из ведущих научно-педагогических школ ННГАСУ «Строительные конструкции, здания и сооружения». За период своей трудовой деятельности он имеет 243 публикации, в том числе 173 публикации научно-технического характера и 70 публикаций научно-методического направления.

Особенно следует отметить большой вклад Александра Ивановича в подготовку и воспитание молодых ученых – магистрантов, аспирантов, кандидатов наук, которые формируют кадровый резерв университета. За успешную, плодотворную работу профессор А. И. Колесов награжден медалью ордена «За заслуги перед отечеством» II степени, нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования российской Федерации», Почетными грамотами Министерства образования РФ и Законодательного собрания Нижегородской области); знаком Госстроя России «Почетный Строитель России» (2000 г.); дипломом почетного доктора (2012 г.); Благодарственным Письмом от президента НП «Объединение нижегородских проектировщиков» (2012 г.); дипломом Губернатора Нижегородской области за организационную работу в фо-



руме «Великие реки» (2012 г.), почетным дипломом Губернатора Нижегородской области (2015 г.), знаком отличия ННГАСУ за трудовую доблесть (2016 г.).

Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, редакционная коллегия Приволжского научного журнала, сотрудники кафедр инженерно-строительного факультета и студенты сердечно поздравляют Александра Ивановича Колесова с юбилеем и от всей души желают дальнейших успехов в научной и педагогической деятельности, здоровья и благополучия!

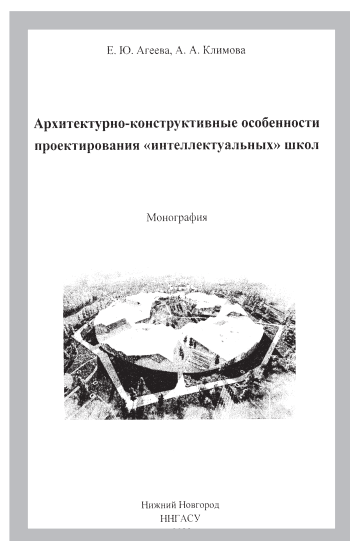
НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



Соболь, С. В. Заметки о гидротехнике: реальность и мифы / С. В. Соболь ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2020. – 235 с. – Текст : непосредственный
ISBN 978-5-528-00424-2

Заметки в книге – это краткая объективная информация о различных аспектах российской гидротехники как инженерной науки и практики, исключая наиболее распространенные вымышленные суждения об отрасли, дополненная некоторыми сведениями из окружающей действительности.

Книга адресована молодым людям, стремящимся получить высшее образование в направлении водного хозяйства и гидротехнического строительства, а также всем желающим для расширения кругозора в первом приближении иметь реальное представление о гидротехническом и гидроэнергетическом строительстве, его значимости для экономики, населения и поддержания экологического благополучия в стране.



Агеева, Е. Ю. Архитектурно-конструктивные особенности проектирования «интеллектуальных» школ / Е. Ю. Агеева, А. А. Климова ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2020. – 147 с. – Текст : непосредственный
ISBN 978-5-528-00428

Монография посвящена выявлению архитектурно-конструктивных особенностей современных школ в России и за рубежом. Авторы ввели понятие «интеллектуальная школа». Прослежена история формирования интеллектуальных школьных зданий в России конца XX века и начала XXI века. Для анализа выбраны наиболее характерные для каждого периода реализованные и концептуальные архитектурные проекты, имевшие наибольшее влияние на последующее

развитие архитектурно-конструктивных особенностей современных школьных зданий. Выявлены архитектурно-конструктивные особенности этих школ, определены основные критерии, которым соответствуют рассматриваемые школы, определены основные тенденции современного развития школьных зданий.

Рекомендуется преподавателям, аспирантам, магистрантам и студентам специальностей «Архитектура», «Промышленное и гражданское строительство», а также практикующим архитекторам.



Орельская, О. В. Конструктивизм /
О. В. Орельская. – Нижний Новгород : Бегемот
НН, 2020. – 240 с. : ил. – (Стили в архитектуре
Нижнего Новгорода. Выпуск 4.). – Текст : непо-
средственный
ISBN 978-5-6042059-8-3

В декабре 2020 года в издательстве «ОООБегемотНН» вышла в свет четвертая книга из новой серии «Стили в архитектуре Нижнего Новгорода».

Автором этой научно-популярной монографии является доктор архитектуры, профессор ННГАСУ, член-корреспондент РААСН Орельская Ольга Владимировна.

Монография является продолжением начатой серии книг по истории архитектуры Нижнего Новгорода XX века («Стили в архитектуре Нижнего Новгорода»). Она вышла в преддверии приближающегося юбилея – 800-летия со дня основания древнего города.

Книга в систематизированном виде представляет историко-архитектурный материал по развитию стиля конструктивизм, который прошел три этапа в своем развитии (протоконструктивизм, конструктивизм, постконструктивизм) и получил яркое отражение в градостроительстве и архитектуре Нижнего Новгорода (г. Горького). Нижний Новгород в своем облике сохранил объекты культурного наследия – памятники архитектуры и ценную застройку от многих эпох. Среди них имеются здания и комплексы, относящиеся к эпохе советского авангарда.

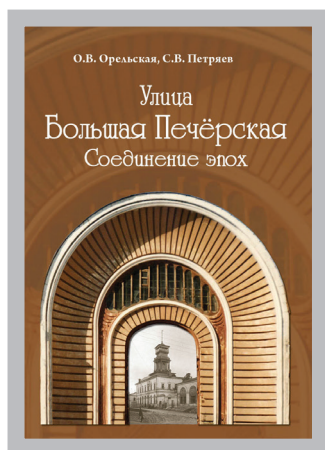
Автор в своем исследовании опирается на исторические факты, подтвержденные архивными документами; приводит сведения не только об архитектуре, но и о зодчих столичных и местных, которые принимали участие в становлении советской региональной архитектуры.

Данная монография – это краткая история эволюции внешнего облика жилых и общественных зданий 1920–1930-х годов, сведения о датах их постройки и перестройки, об архитектурных стилях, об архитекторах, по проектам которых возводились здания.

Основная цель книги – привлечь внимание к архитектурному наследию 1920–1930-х годов, которое до сих пор остается незаслуженно забытым, что влечет невосполнимые потери для культуры и истории архитектуры Нижнего Новгорода и России.

Текст книги сопровождается цветными фотографиями с натуры, архивными чертежами и старыми фотографиями, которые доносят до нас: как выглядели здания в далеком прошлом, и как изменились их фасады сегодня.

Книга предназначена не только для архитекторов, историков, реставраторов, студентов-архитекторов, искусствоведов, краеведов, но и для широкого круга читателей.



Орельская, О. В. Улица Большая Печерская: соединение эпох / О. В. Орельская, С. В. Петряев. – Нижний Новгород : Бегемот НН, 2020. – 240 с. : ил. – (Исторические улицы Нижнего. Выпуск 6). – Текст : непосредственный
ISBN 978-5-6042059-9-0

В декабре 2020 года в издательстве «ОООБегемотНН» вышла шестая книга из серии «Исторические улицы Нижнего».

Авторами этой серии научно-популярных книг по истории архитектуры Нижнего Новгорода являются доктор архитектуры, профессор ННГАСУ Ольга Владимировна Орельская и нижегородский историк и краевед Сергей Владимирович Петряев.

Это шестая книга из вышеуказанной серии. В книге приводится систематизированный материал по истории каждого дома, формирующего фронт разновременной застройки ул. Большой Печерской, являющейся одной из радиальных улиц в историческом центре Нижнего Новгорода. Приводятся сведения о владельцах старых зданий, об авторах-архитекторах, об архитектурных стилях, об особенностях фасадов зданий, об их исторической и художественной ценности. В ходе архивных исследований определены даты их постройки и перестройки (реконструкции). Архитектурный облик улицы формировался на протяжении ряда столетий, и каждая эпоха оставила на нем свой след. Название книги указывает на то, что на этой улице сохранились объекты культурного наследия из разных исторических эпох, которые дополняют и современные здания. Анализ архитектуры приведен как для зданий, находящихся в списках объектов культурного наследия – памятниками архитектуры регионального уровня, так и для зданий, относящихся к ценной и рядовой застройке. Именно все вместе они составляют единую историческую ткань города, определяют своеобразие каждой улицы исторического центра города.

Актуальность научно-популярного издания связана с настоятельной необходимостью детального изучения отечественной истории и истории архитектуры родного города, с развитием туристической привлекательности Нижнего Новгорода, а также с приближающимся славным юбилеем – 800-летием со дня возникновения древнего русского города на слиянии рек Волги и Оки. Текст книги дополнен качественными иллюстрациями: фотографиями и архивными чертежами. Приведен список архивных источников. Книга является и своего рода путеводителем по старой улице.

Книга предназначена не только для специалистов, но и для широкого круга читателей. Она также может быть использована в качестве учебного пособия для студентов вузов по истории архитектуры Нижнего Новгорода.

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В. И. БОДРОВА

14 декабря 2020 г. ушел из жизни доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой отопления и вентиляции, заслуженный деятель науки Российской Федерации, член редакционной коллегии Приволжского научного журнала Валерий Иосифович Бодров.

Валерий Иосифович Бодров окончил Горьковский инженерно-строительный институт им. В. П. Чкалова в 1964 г., в период с 1968 по 1971 гг. обучался в аспирантуре Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева, в 1971 г. ему была присуждена ученая степень кандидата технических наук, а в 1988 г. им защищена докторская диссертация на тему: «Обеспечение и оптимизация микроклимата хранения сочного растительного сырья и сушки травы». С 1976 г. В. И. Бодров заведовал кафедрой отопления и вентиляции ГИСИ им. В. П. Чкалова – ННГАСУ.

Под руководством профессора В. И. Бодрова в ННГАСУ создана и успешно работает научная школа по разработке систем обеспечения микроклимата производственных сельскохозяйственных зданий, областью научных интересов которой являются: процессы нестационарного тепло- и массообмена в строительных конструкциях и помещениях надземных и подземных зданий и сооружений; процессы тепло- и массообмена в биологически активных средах; системы создания и управления параметрами микроклимата в помещениях (строительная теплофизика, теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, холодоснабжение); экологическая безопасность систем жизнеобеспечения населенных пунктов. Под руководством В. И. Бодрова разработаны основы теории теплообмена в биологически активных средах; методология нормирования теплозащитных характеристик наружных ограждений и основы расчета систем обеспечения микроклимата энергоэффективных сельскохозяйственных зданий. При активном участии В. И. Бодрова разработана методика расчета систем поддержания параметров микроклимата в культовых сооружениях, результатом которой явился отраслевой стандарт «Храмы православные. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха», изданный в 2002 г. и переизданный в 2004 г.

В. И. Бодров являлся академиком жилищно-коммунальной академии, советником Российской академии архитектуры и строительных наук, экспертом высшей квалификации системы экспертизы промышленной безопасности объектов газоснабжения Федеральной службы по экологическому, технологическому и



атомному надзору РФ, награжден бронзовой медалью ВДНХ, им подготовлено 3 доктора технических наук, более 30 кандидатов технических наук, работающих в различных регионах страны и за рубежом. В. И. Бодров – автор более 300 научных и учебно-методических публикаций, им издано 8 монографий, 22 учебно-методических пособия.

За плодотворную учебно-методическую и научную работу, подготовку высококвалифицированных кадров в 2002 г. В. И. Бодрову присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы российской Федерации».

Указом Президента РФ в 2010 г. за высокое профессиональное мастерство и многолетний добросовестный труд профессору Валерию Иосифовичу Бодрову присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Ректорат Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, коллектив преподавателей и студентов ННГАСУ, редакционная коллегия Приволжского научного журнала выражают глубокие соболезнования родным и близким профессора В. И. Бодрова. Светлая память о нем будет жить в наших сердцах!



ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНОЙ СТАТЬИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ «ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

1. Список материалов, необходимых для публикации научной статьи

1.1. Автор (авторы) в соответствии с приведенными ниже требованиями должен оформить материалы научной статьи: рукопись статьи и сопроводительные документы к ней. Журнал является двуязычным и материалы научной статьи могут подаваться в редакцию на русском или на английском языках (здесь имеется ввиду язык основного текста статьи, т. к. часть материалов статьи должна оформляться на обоих языках).

1.2. Рукопись статьи представляется в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4 (оформление – см. п. 2) и в электронном виде (оформление – см. п. 3). **Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.**

1.3. Сопроводительные документы к рукописи статьи должны включать в себя:

1.3.1. Сопроводительное письмо в двух экземплярах в печатном виде на листе формата А4 **по утвержденной форме**, которая приведена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> Данное письмо подписывается руководителем организации (юридического лица), откуда исходит рукопись статьи. Если автор статьи не является работником какой-либо организации, не является аспирантом, докторантом, соискателем ученой степени, то сопроводительное письмо подписывается им лично (в этом случае к сопроводительному письму должны прилагаться документы, подтверждающие статус безработного). Для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, сопроводительное письмо представлять не требуется.

1.3.2. Выписку из протокола заседания кафедры (отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа) с рекомендацией статьи к публикации в Приволжском научном журнале в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то вместо выписки представляется рекомендация к опубликованию, подписанная научным работником, имеющим ученую степень по соответствующей специальности (определяется по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России).

1.3.3. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Данный документ оформляется по форме, утвержденной в организации, откуда исходит рукопись статьи. Форма экспертного заключения, утвержденная в ННГАСУ, размещена на интернет-сайте журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru> (для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, данный документ оформляется в отделе интеллектуальной собственности и трансфера технологий (корпус II, каб. 213-а, тел.: (831) 430-19-34)).

Если в организации, откуда исходит рукопись статьи, нет утвержденной формы экспертного заключения, то в качестве образца может использоваться форма ННГАСУ (при этом автор должен внести соответствующие изменения в наименования должностей и Ф.И.О. ответственных лиц). Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати представлять не требуется.

1.3.4. Документ (копия бланка подписки), подтверждающий оформление

подписки на Приволжский научный журнал на 2 (два) номера или более (индекс 80382 в каталоге 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 (полуторный) используется для набора следующих частей рукописи: основной текст статьи, знак охраны авторского права. Шрифт № 12 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: наименование организации (места работы авторов), контактная информация (адрес организации и др.), аннотация статьи, ключевые слова, библиографический список.

2.3.3. Буквы русского и греческого алфавитов (в том числе индексы), а также все цифры (в том числе индексы) необходимо набирать прямым шрифтом, а буквы латинского алфавита – курсивом. Аббревиатуры, стандартные функции (Re, sin, cos и т. п.) и символы химических элементов набираются прямым шрифтом.

2.3.4. Текст статьи может включать формулы, которые должны набираться **только с использованием редактора формул «Microsoft Word»**. При этом необходимо использовать редактор формул «MathType 6» или «Microsoft Equation 3.0». При использовании текстового редактора «Microsoft Word, Office-2010» не допускается использование редактора формул, открывающегося по команде «Вставка – Формула» (кнопка «π» на панели быстрого доступа). В данной версии необходимо в меню «Вставка» нажать кнопку «Объект» и в выпадающем меню выбрать тип вставляемого объекта – «Microsoft Equation 3.0». Шрифт формул должен соответствовать требованиям, предъявляемым к основному тексту статьи (см. выше). В статье должен быть необходимый минимум формул, все второстепенные и промежуточные математические преобразования при необходимости могут выноситься в приложение к статье (в качестве поясняющей информации для рецензента).

2.3.5. Текст статьи может включать таблицы, а также графические материалы

(рисунки, графики, фотографии и др.). Данные материалы должны иметь сквозную нумерацию и названия. На все таблицы и графические материалы должны быть сделаны ссылки в тексте статьи. При этом расположение данных объектов должно быть после ссылок на них. Шрифт таблиц должен соответствовать требованиям, предъявляемым к тексту статьи (см. выше). Шрифт надписей внутри рисунков, графиков, фотографий и др. графических материалов Times New Roman 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 Моничу Д. В.

Конверт с материалами может быть отправлен по почте, с использованием курьерской доставки или доставлен лично автором (доверенным лицом автора). В случае отправки с использованием курьерской доставки, а также в случае личной доставки, конверт необходимо сдавать в канцелярию ННГАСУ (г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, ННГАСУ, корпус I, 1-й этаж, каб. 127).

5. Порядок рассмотрения редакцией материалов научной статьи и ее рецензирования

5.1. После получения материалов научной статьи ответственный секретарь журнала проводит оценку их достаточности и правильности оформления. В случае отклонений от установленных требований, автору по электронной почте направляется письмо с уведомлением: «Материалы научной статьи не соответствуют требованиям, установленным редакцией журнала».

5.2. Материалы статей, оформленные в соответствии с установленными требованиями, ответственный секретарь регистрирует и направляет для рассмотрения члену редакционной коллегии журнала, который имеет соответствующую специальность (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России). Член редакционной коллегии организует рецензирование (экспертную оценку) рукописи научной статьи в соответствии с порядком, установленным редакцией журнала. С составом редакционной коллегии, в т. ч. с научными специальностями ее членов, а также с «Порядком рецензирования научных статей» можно ознакомиться на интернет-сайте Приволжского научного журнала: <http://www.pnj.nngasu.ru>.

5.3. Если на статью получена положительная рецензия, то она включается в план публикации соответствующего тематического раздела журнала. Автору статьи по почте, а также по электронной почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Включено в план публикации». Сроки и очередность опубликования устанавливаются редакцией с учетом количества статей, находящихся в плане публикации соответствующего тематического раздела журнала. Как правило, дата приема статей для издания очередного номера устанавливается не позднее, чем за 4 (четыре) месяца до месяца выхода (например, для № 1 (март) этот срок должен быть не позднее 01 ноября). При этом дата устанавливается по дате получения редакцией положительной рецензии на статью.

5.4. Если на статью получена рецензия с замечаниями, но рецензент указывает на возможность публикации статьи после доработки, то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление



«На доработку». Порядок оформления, представления и рассмотрения доработанных рукописей статей такой же, как для вновь поступающих материалов статей. К доработанной рукописи статьи необходимо приложить документ «Ответы на замечания рецензента», оформленный в печатном виде на листах формата А4, в двух экземплярах. Ответы даются на каждое замечание (по пунктам), внизу ставятся личные подписи всех авторов с указанием даты представления доработанной рукописи в редакцию (число.месяц.год). Подписи авторов должны быть заверены канцелярией или отделом кадров организации, откуда исходит рукопись статьи. Сопроводительные документы к рукописи статьи (по п. 1.3.) переоформляются только в том случае, если при доработке изменяется название статьи и (или) изменяется авторский коллектив.

5.5. Если на статью получена отрицательная рецензия (рецензия с замечаниями, без указания на возможность публикации статьи после доработки), то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Не рекомендуется к публикации».

6. Общие требования и условия публикации

6.1. Редакцией не принимаются к рассмотрению: 1) научные статьи, не соответствующие тематическим направлениям журнала, по которым осуществляется рецензирование (экспертная оценка). Данные направления соответствуют научным направлениям членов редакционной коллегии журнала (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России); 2) научные статьи, публиковавшиеся ранее; 3) материалы, не соответствующие установленным редакцией требованиям; 4) рекламные материалы.

6.2. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей статей. Редакция имеет право частично или полностью предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала.

6.3. Авторский коллектив, направляющий научную статью в редакцию журнала, несет ответственность за неправомерное использование объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме, в соответствии с действующим законодательством.

6.4. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Перепечатка материалов «Приволжского научного журнала» без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

6.5. Материалы научных статей, направляемые в редакцию журнала, авторам не возвращаются. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

6.6. Оплата за рассмотрение научной статьи редакцией взимается путем оформления автором подписки на журнал (условия – см. п. 1.3.4 выше). Плата с аспирантов за публикацию научных статей не взимается.



«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 (05.23.01);
- Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (05.23.03);
- Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (05.23.04);
- Строительные материалы и изделия (05.23.05);
- Гидротехническое строительство (05.23.07);
- Гидравлика и инженерная гидрология (05.23.16);
- Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (05.23.19);
- Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (05.23.20);
- Архитектура зданий и сооружений.
Творческие концепции архитектурной деятельности (05.23.21);
- Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (05.23.22).

В ЖУРНАЛЕ ПУБЛИКУЮТСЯ

статьи о результатах научных исследований по группе научных специальностей 05.23.00 «Строительство и архитектура». Статьи рецензируются.

Адрес редакции: Россия, 603950, г. Нижний Новгород,

ул. Ильинская, д. 65.

Тел./факс: (831) 433-04-36, 430-19-46

