

ISSN 1995-2511

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

1

2020



ISSN 1995-2511



ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

№ 1

Март 2020

Нижний Новгород

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 1 (53)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2020. 295 с., 18 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; засл. деят. науки РФ, д-р техн. наук, проф. В. И. 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. 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. Коссеэ, компьютерная верстка И. К. Красавина,
переводчик Л. Ю. Воронцов, работа со списками литературы Л. Б. Вержиковская

Подписано в печать 20.03.2020 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. печ. л. 25,8 + вкл. 3,2. Тираж 600 экз. Заказ №

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

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

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

интернет-сайт: www.pnj.nngasu.ru; pnj.nngasu.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, 2020

ISSN 1995-2511



THE PRIVOLZHISKY SCIENTIFIC JOURNAL

Scientific periodical

№ 1

March 2020

Nizhny Novgorod

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

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

The Privolzhsky Scientific Journal is included into the list of leading peer viewed journals and publications where basic scientific results of doctoral and candidate dissertations are to be published of scientific specialities 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; honoured worker of science of RF, doctor of technical sciences, professor V. I. 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 20.03.2020. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 25.8 + illust. 3.2. Copies 600. Order №

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

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.



СО Д Е Р Ж А Н И Е

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

| | |
|--|-----|
| Лампси Б. Б., Маркина Ю. Д. Исследование напряженно-деформированного состояния фланцевых соединений стальных башенных сооружений..... | 11 |
| Хазов П. А., Анущенко А. М., Онищук Е. А., Щелокова Ю. Д. Численное и экспериментальное исследование распределения ветровой нагрузки на криволинейное большепролетное покрытие | 16 |
| Трянниа Н. Ю., Облетов Е. Н., Самохвалов И. А. Значения аэродинамических коэффициентов холодногнутого профиля в зависимости от направления ветровой нагрузки..... | 22 |
| Колесов А. И., Чечурина А. В. Обоснование конструкционной безопасности стальных тонкостенных рам с ригелями повышенной переменности на основе КЭ-моделирования | 28 |
| Аистов А. С., Штенберг В. Б. Концентрация напряжений при малоцикловых нагрузках труб большого диаметра..... | 40 |
| Гундерчук А. Э., Костин В. И., Соболев С. В. Автоматизированная автопарковка шахтного типа для нагорной части города Нижнего Новгорода..... | 47 |
| Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Исследования причин деформации и повреждений опорных элементов в конструкциях фундаментов технологических трубопроводов компрессорной станции..... | 57 |
| Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Исследования несущей способности винтовых свай, используемых в малоэтажном строительстве | 67 |
| Уткин М. М. Определение расчетного пролета карстового провала для зданий и сооружений с небольшими расчетными размерами в плане..... | 73 |
| Шеховцов Г. А., Раскаткин Ю. Н. О координатном способе определения положения центра и радиуса звеньев рельсового пути полярного крана..... | 82 |
| ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ | |
| Шибeko А. С., Косько П. Ю., Гутор Т. И. Совершенствование метода расчета теплопоступлений от солнечной радиации через светопрозрачные конструкции..... | 93 |
| Титков Д. Г. Натурные исследования теплового режима подземного коллектора для инженерных коммуникаций..... | 100 |
| Титков Д. Г., Плющенко Н. Ю. Сравнительный анализ результатов математического моделирования и экспериментальных данных параметров микроклимата в воздушном пространстве коллектора..... | 107 |
| Павлов М. В., Карпов Д. Ф. Метод расчета лучисто-конвективного отопления зимней теплицы..... | 113 |
| Суворов Д. В., Андрианова И. А., Вяхирев К. А. Обеспечение условий комфортности животноводческих комплексов инфракрасным излучением..... | 120 |
| Кондратьев Р. В. Снижение вредных выбросов от котельной установки при воздействии на твердое влажное топливо электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ)..... | 128 |



СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Черкасов В. Д., Юркин Ю. В., Авдонин В. В., Пильщиков В. О.** Эластичная самоклеящаяся матрица для радиационно-защитного покрытия 133
- Сучков В. П.** Автоклавное вяжущее из шлама химводоподготовки ТЭЦ 139
- Сучков В. П.** Влияние гранулированного фосфополугидрата на свойства портландцемента 147
- Кутузов А. Г., Сулейманов Е. В., Кутузов Н. А., Барабанов В. Е.** Однокамерный потоковый калориметр с двумя контурами дифференциальных термоэлектрических преобразователей 155

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- Волосухин Я. В.** Техническое состояние существующих систем водоводов водозаборного сооружения Чернореченского водохранилища Республики Крым 162

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- Бояркин Д. В.** Вопросы установления нормативов накопления как один из аспектов реформы обращения с твердыми коммунальными отходами 171

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

- Никитина А. Б., Орельская О. В.** Декор в советской архитектуре послевоенных лет в г. Дзержинске Нижегородской области 178
- Шумилкин С. М., Шумилкин М. С.** Этапы реконструкции усадьбы П. И. Мельникова-Печерского в Нижнем Новгороде 184
- Ещин Д. В.** Архитектурно-художественные элементы фасада деревянных жилых домов конца XIX – начала XX вв. 191
- Ботина О. А., Родина О. А.** Архитектура на границе государств: Лютеранская кирха в Каннельярви 199
- Теребикина О. В.** Влияние конструкций инженера В. Г. Шухова на формирование сооружений в стиле хай-тек 207
- Лекарева Н. А., Воронцова О. Н.** Реабилитация депрессивных территорий коммунального назначения в структуре города 213
- Лапина О. В.** Аутентичность и архитектурные особенности производственного корпуса Костромского механического завода Д. П. Шипова 1852 года на основе анализа территории 219
- Фильченков К. С.** Транзитные пространства города как отражение городских конфликтов 225

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Гельфонд А. Л., Ерофеева И. В., Моисеенко В. А.** Модели общественных пространств для искусства в немецких городах 232
- Колесникова Т. Н., Аль-Нахари М. Х.** Совершенствование типологии медицинских учреждений Йемена 239
- Бочкарева А. Р., Лихачев Е. Н.** Особенности среды медиацентров последней четверти XX – начала XXI вв. 246
- Щеголева А. В., Сальникова А. А.** Формирование доступной среды для маломобильных групп населения (на примере учебных корпусов ННГАСУ) 253



ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- Каракова Т. В., Жоголева А. В., Терягова А. Н.** Особенности урбанизации Самарского региона середины XX века в контексте развития инженерно-транспортной инфраструктуры 265
- Орлова Л. Н.** Некоторые аспекты обеспечения инсоляции застройки при решении проблемы долгостроев 274

ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

- Кобись А. С.** Оценка методов расчета пространственных железобетонных купольных конструкций 282
- Новые издания 288
- Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал» 289
- НА ОБЛОЖКЕ:** Никольский мост на р. Кинешемке, притоке Горьковского водохранилища, г. Кинешма, Ивановская обл. Фото О. А. Соболев



CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

| | |
|--|----|
| Lampsi B. B., Markina Yu. D. Research of stress-strain state of flange joints of steel tower structures..... | 11 |
| Khazov P. A., Anuschenko A. M., Onischuk E. A., Schyolokova Yu. D. Numerical and experimental study of the distribution of the wind load on the curvilinear large-span covering..... | 16 |
| Tryanina N. Yu., Obletov E. N., Samokhvalov I. A. Values of aerodynamic coefficients of the cold-bent profile depending on the direction of the wind load..... | 22 |
| Kolesov A. I., Chechurina A. V. Constructional safety justification of steel thin-walled frames with increased section variability crossbars based on KE-modeling..... | 28 |
| Aistov A. S., Shtenberg V. B. Stress concentration at low-cycle loads in pipes of large diameters | 40 |
| Gunderchuk A. E., Kostin V. I., Sobol S. V. Automated mine-type parking for the mountainous part of Nizhny Novgorod..... | 47 |
| Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Research of the causes of deformation and damage of supporting elements in constructions of foundations of technological pipelines of compressor stations | 57 |
| Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Research of bearing capacity of screw piles used in low-rise construction..... | 67 |
| Utkin M. M. Determination of the design span of a karst collapse for buildings and structures with small calculated dimensions in plan | 73 |
| Shekhovtsov G. A., Raskatkin Yu. N. About a coordinate method of determination of position of the center and radius of links of a rail track of the polar crane | 82 |

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

| | |
|--|-----|
| Shibeko A. S. Kosko P. Yu., Gutor T. I. Improvement of a method for calculating heat gains from solar radiation through translucent structures | 93 |
| Titkov D. G. Full-scale researches of the heat mode of an underground collector for engineering communications..... | 100 |
| Titkov D. G., Plyuschenko N. Yu. Comparative analysis of the results of a mathematical modeling and experimental data of microclimate parameters in the air space of a collector..... | 107 |
| Pavlov M. V., Karpov D. F. Calculation method of radiant and convective heating of a winter greenhouse..... | 113 |
| Suvorov D. V., Andrianova I. A., Vyakhirev K. A. Providing comfort conditions for livestock complexes by infrared radiation | 120 |
| Kondratev R. V. Reduction of harmful emissions of the boiler plant under the influence of ultrahigh frequency electromagnetic field (microwave) on wet fuel | 128 |

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

| | |
|--|-----|
| Cherkasov D. V., Yurkin Yu. V., Avdonin V. V., Pilshikov V. O. Elastic self-adhesive matrix for radiation protective coating | 133 |
| Suchkov V. P. Autoclave binder of sludge of CHPP chemical water treatment..... | 139 |
| Suchkov V. P. Influence of granulated phosphorhemihydrate on the properties of Portland cement..... | 147 |
| Kutuzov A. G., Suleymanov E. V., Kutuzov N. A., Barabanov V. E. Single-chamber flow calorimeter with two circuits of differential thermoelectric converters | 155 |



HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTION

- Volosukhin Ya. V.** Technical condition of existing water pipelines of the diversion structure of the Chernorechensk reservoir of the Republic of Crimea..... 162

ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND CITY ECONOMY

- Boyarkin D. V.** The determination of accumulation standards as one of the aspects of the municipal solid waste treatment reform..... 171

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

- Nikitina A. B., Orejskaya O. V.** Decor in the Soviet architecture of post-war years in Dzerzhinsk of the Nizhny Novgorod region..... 178
- Shumilkin S. M., Shumilkin M. S.** Stages of reconstruction of P. I. Melnikov-Pechersky estate in Nizhny Novgorod..... 184
- Eschin D. V.** Architectural-artistic elements of the facade of wooden residential houses of the end of XIX – the beginning of the XX centuries..... 191
- Botina O. A., Rodina O. A.** Architecture on the border of states: the Lutheran church in Cannellarvi..... 199
- Terebikina O. V.** Influence of structures by engineer V. G. Shukhov on the formation of the hi-tech style in architecture..... 207
- Lekareva N. A., Vorontsova O. N.** Rehabilitation of communal depressed areas in the city structure 213
- Lapina O. V.** Authenticity and architectural features of the production building of the Kostroma mechanical plant of D. P. Shipov of 1852 based on the analysis of the territory..... 219
- Filchenkov K. S.** City transit spaces as a reflection of city conflicts..... 225

ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

- Gelfond A. L., Erofeeva I. V., Moiseenko V. A.** Models of public spaces for art in German cities..... 232
- Kolesnikova T. N., Al-Nahari M. H.** Improvement of typology of medical institutions of Yemen..... 239
- Bochkaryova A. R., Likhachyov E. N.** Features of the media center's environment in the last quarter of the XX – the beginning of the XXI centuries..... 246
- Schyogoleva A. V., Salnikova A. A.** Creating an accessible environment for people with limited mobility (by the example of the NNGASU academic buildings)..... 253

TOWN-PLANNING, PLANNING RURAL BUILT-UP AREAS

- Karakova T. V., Zhogoleva A. V., Teryagova A. N.** Features of urbanization of the Samara region in the middle of the XX century in the context of development engineering and transport infrastructure..... 265
- Orlova L. N.** Some aspects of building insulation in solving the problem of long-term construction..... 274

INFORMATION SECTION

- Kobis A. S.** Evaluation of methods for calculating spatial reinforced concrete dome structures..... 282
- New publications..... 288



List of requirements for publication in the scientific periodical “Privolzhsky Scientific Journal” 289

COVER PAGE: The Nikolsky bridge on the Kineshemka river, a tributary of the Gorky reservoir. The city of Kineshma, Ivanovo region. Photo by O. A. Sobol

8 ФЕВРАЛЯ – ДЕНЬ РОССИЙСКОЙ НАУКИ



Дорогие друзья! Поздравляю вас с Днем Российской науки!

Вклад России в сокровищницу мировых знаний неоценим. Сегодня мы чествуем интеллектуальную элиту нашего общества: всех тех, кто передает свой опыт новым поколениям, и тех, кто отдает себя без остатка сфере исследований. Мы знаем, что в России уже сейчас растут те, кто станет еще одним Ломоносовым или Менделеевым, Курчатовым или Сахаровым, Ландау или Капицей, Пироговым или Сеченовым. Наша общая задача раскрывать и поддерживать таланты, мы богаты ими. Пусть этот праздник вдохновляет на новые научные идеи и открытия, дает силы для выдвижения смелых гипотез!

Здоровья, бодрости духа и успехов во всех начинаниях и самых смелых идей!

Министр науки и высшего образования России В. Н. Фальков

УДК 624.014:624.042

Б. Б. ЛАМПСИ, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой теории сооружений и технической механики; **Ю. Д. МАРКИНА**, асс. кафедры теории сооружений и технической механики

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ БАШЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

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

Ключевые слова: фланец, фланцевый узел круглых труб, фланцевое соединение, напряженно-деформированное состояние фланцевого узла, НДС.

Выполнено сравнение численного и аналитических методов расчета фланцевого узла. Проанализировано влияние типа исполнения фланцевого узла и толщины пластины фланца на распределение напряжений и деформаций в элементах узла.

Башни и башенные сооружения предназначены для устойчивого принятия и передачи на большие расстояния телерадиосигналов, сигналов мобильной связи. Значительная высота башен, жесткие требования по деформациям для обеспечения устойчивого принятия сигналов, динамический характер ветровых воздействий и целый ряд других ограничений накладывают особую ответственность на инженеров-проектировщиков по обеспечению работоспособности при эксплуатации этих конструкций.

Часто подобные сооружения изготавливают с поясами из круглых труб, и их надежность, как правило, определяется прочностью узлов. Чтобы пояса работали как неразрезные, их соединения выполняют жесткими. Для этого применяются фланцы [1].

Необходимо, чтобы запроектированные узлы полностью отвечали принятым в расчетной схеме условиям работы и характеристикам, что достаточно сложно учесть при ручном счете.

Существуют различные типы исполнения фланцевых узлов круглых труб, при этом до сих пор ведутся споры об их надежности, которая зависит от истинного их напряженно-деформированного состояния.

Целью исследования является изучение действительной работы и напряженно-деформированного состояния фланцевых соединений стальных башенных сооружений разного типа исполнения.

Объектом исследования является фланцевый узел соединения круглых труб существующей стальной башни сотовой связи. Место установки башни – Владимирская область РФ. Башня имеет полную высоту 78,5 м. Она представляет собой пространственную стержневую конструкцию, состоящую из ствола высотой 73,4 м в виде трехгранной призмы, подкрепленного тремя плоскими треугольными сквозными подкосами («ногами»), примыкающими к стволу на отметке 30 м. Общий вид башни представлен на рис. 1.

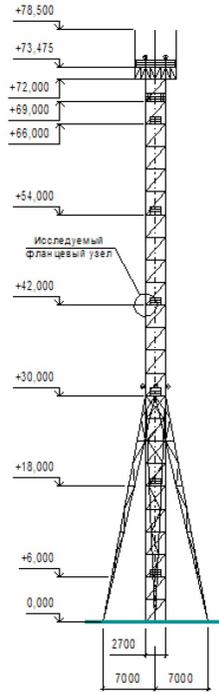


Рис. 1. Общий вид башни

Расчеты металлоконструкций башни выполнены в соответствии с [2] и [3].

Для исследования выбран фланцевый узел на отметке +42,000. Его конструктивное исполнение представлено на рис. 2–3.

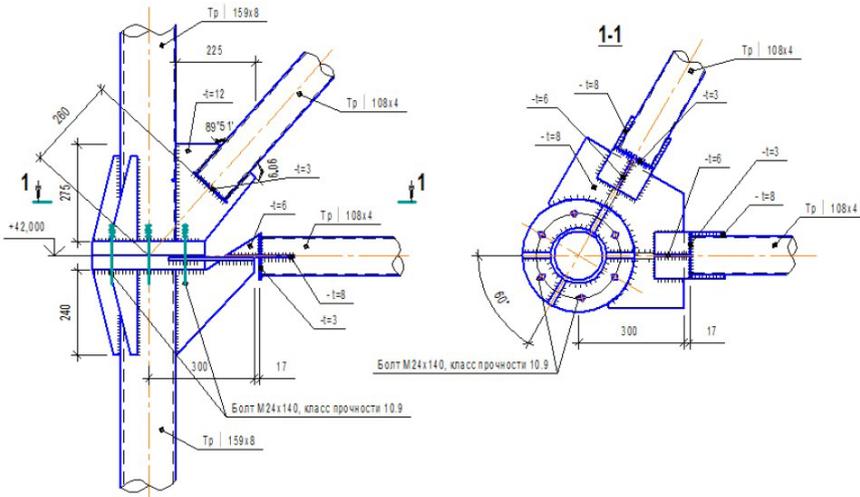


Рис. 2. Конструктивное исполнение исследуемого фланцевого узла (с ребрами жесткости)

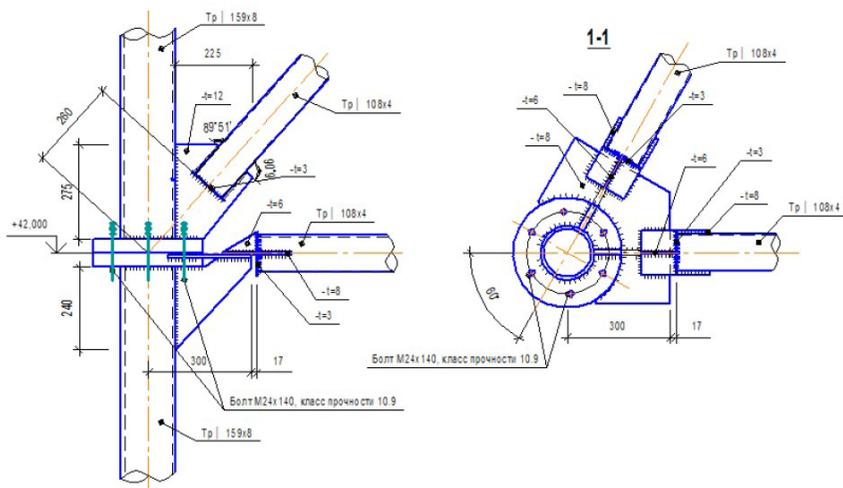


Рис. 3. Конструктивное исполнение исследуемого фланцевого узла (без ребер жесткости)

На исследуемом участке башни пояса выполнены из бесшовных горячедеформированных труб $\varnothing 159 \times 8$ по ГОСТ 8732-78 из стали 20 по ГОСТ 1050-88. Распоры и раскосы – из бесшовных горячедеформированных труб $\varnothing 108 \times 4$ по ГОСТ 8732-78 из стали 20 по ГОСТ 1050-88. Болты М24 по ГОСТ Р 52644-2006 – из стали 40Х по ГОСТ Р 52643-2006 класса прочности 10.9.

Усилия, возникающие в узле: $N = 660,7$ кН; $M = 1,31$ кНм.

В исследовании рассмотрены 3 исполнения этого узла:

- непрорезной фланцевый узел с ребрами жесткости (рис. 2);
- непрорезной фланцевый узел без ребер жесткости (рис. 3);
- прорезной фланцевый узел с ребрами жесткости (общий вид по рис. 2).

Элементы фланцевого узла рассчитаны тремя различными аналитическими методиками, изложенными в [4, 5, 6].

Прочность элементов исходного фланца обеспечена по всем методикам. Результаты аналитического расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты аналитического расчета фланцевых соединений

| Методика расчета | Количество болтов, шт. | Толщина фланца, мм |
|------------------|------------------------|--------------------|
| [3] | 4 (3,07) | 25 |
| [4] | 4 (3,27) | 40 (36,1) |
| [5] | 3 (2,61) | 36 (33,5) |

Примечание. В круглых скобках указаны расчетные значения соответствующих величин

Выполнен численный расчет фланцевого узла в универсальной программной системе конечно-элементного анализа *ANSYS Workbench* (рис. 1–3 цв. вклейки). Расчет произведен для трех видов исполнения узла при следующих толщинах фланца: 20, 25, 30, 36, 40 мм. Рассмотрен характер напряжений в каждом элементе узла (рис. 4–5 цв. вклейки).

Напряжения в пластине фланца во всех типах исполнения узлов максимальны в местах контакта с болтами. В месте контакта с другим фланцем напряжения минимальные, но при уменьшении толщины фланца они возрастают. При толщине

**К СТАТЬЕ Б. Б. ЛАМПСИ, Ю. Д. МАРКИНОЙ
«ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ
СТАЛЬНЫХ БАШЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ»**

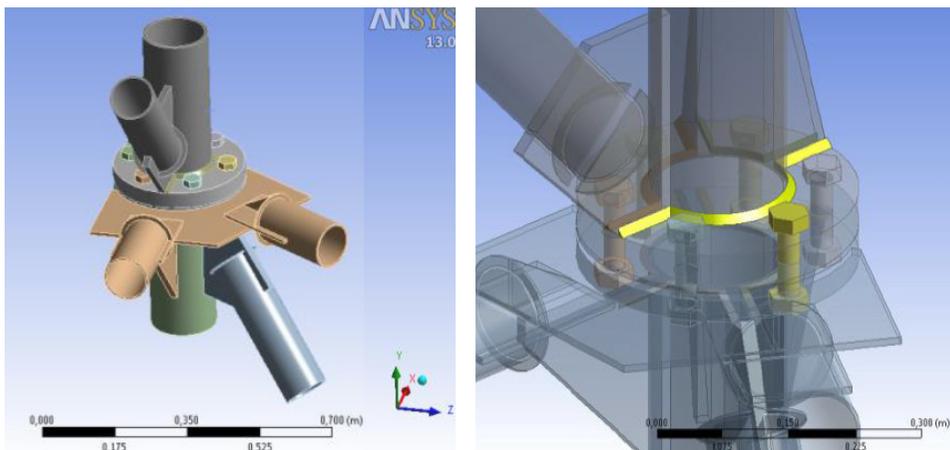


Рис. 1. Геометрическая модель фланцевого узла

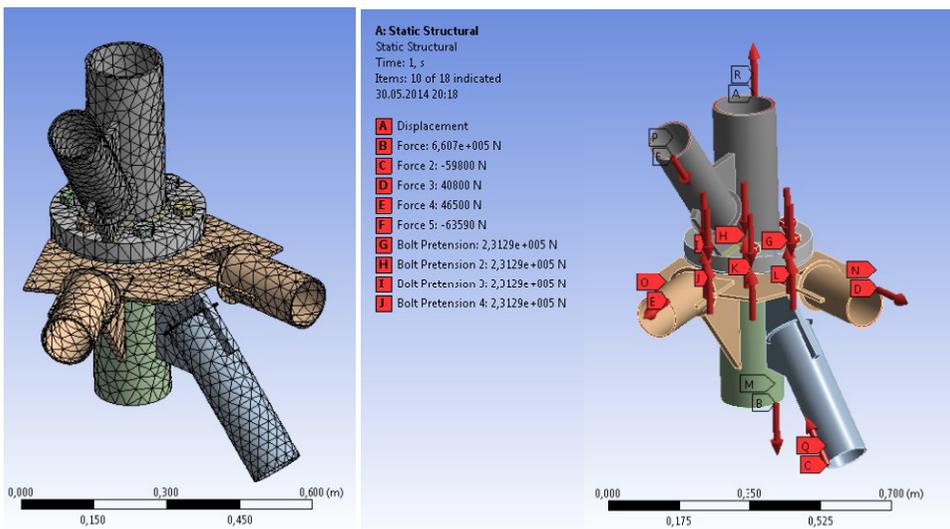


Рис. 2. Конечно-элементная сетка фланцевого узла

Рис. 3. Граничные условия и нагрузки в фланцевом узле

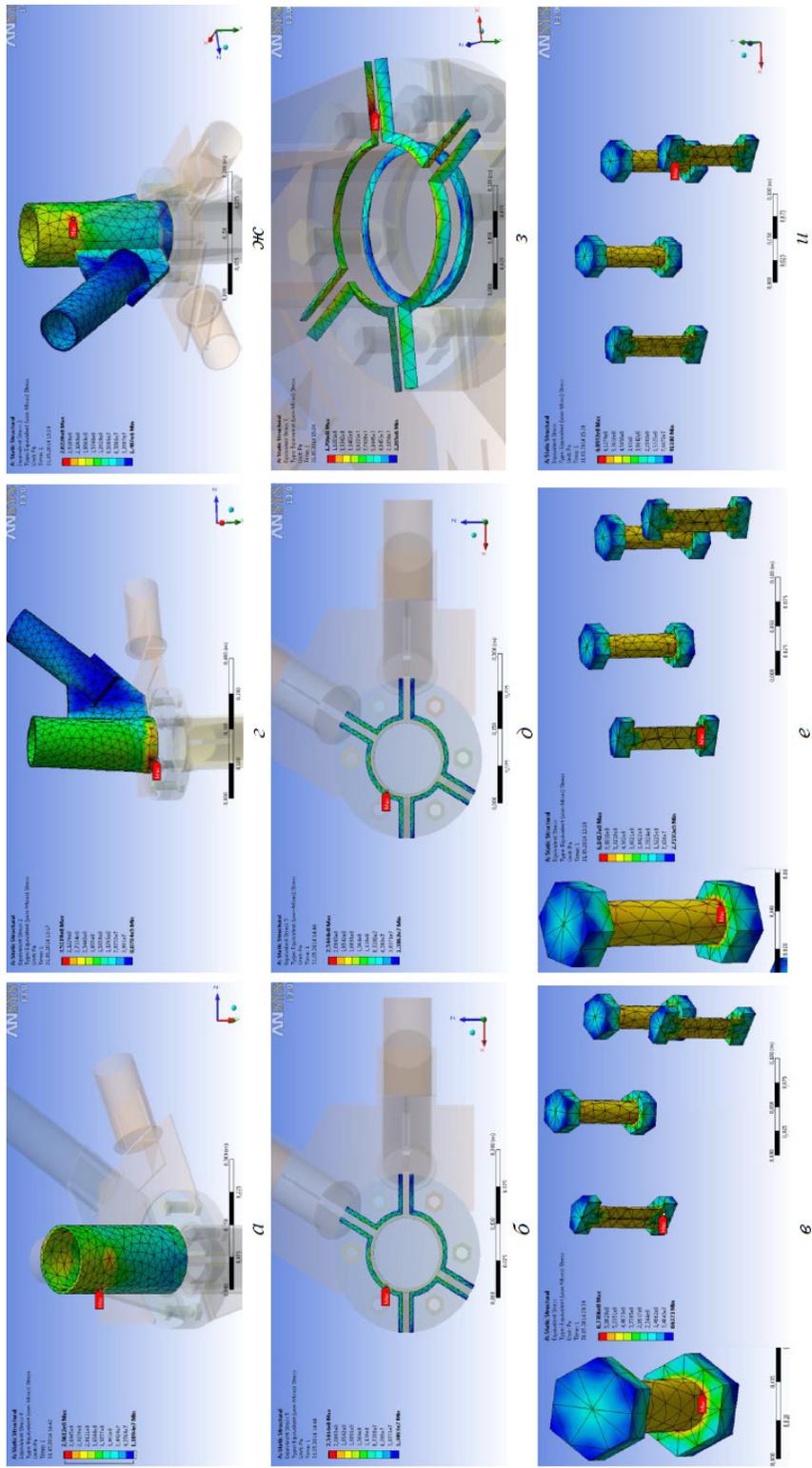


Рис. 4. Эквивалентные напряжения по фон-Мизесу: *a* – для непрорезного фланцевого узла с ребрами жесткости в трубе; *б* – в сварном шве; *в* – в болтах фланца; *г* – для непрорезного фланцевого узла без ребер жесткости в трубе; *д* – в сварном шве; *е* – в болтах фланца; *ж* – для прорезного фланцевого узла с ребрами жесткости в трубе; *з* – в сварном шве; *и* – в болтах фланца

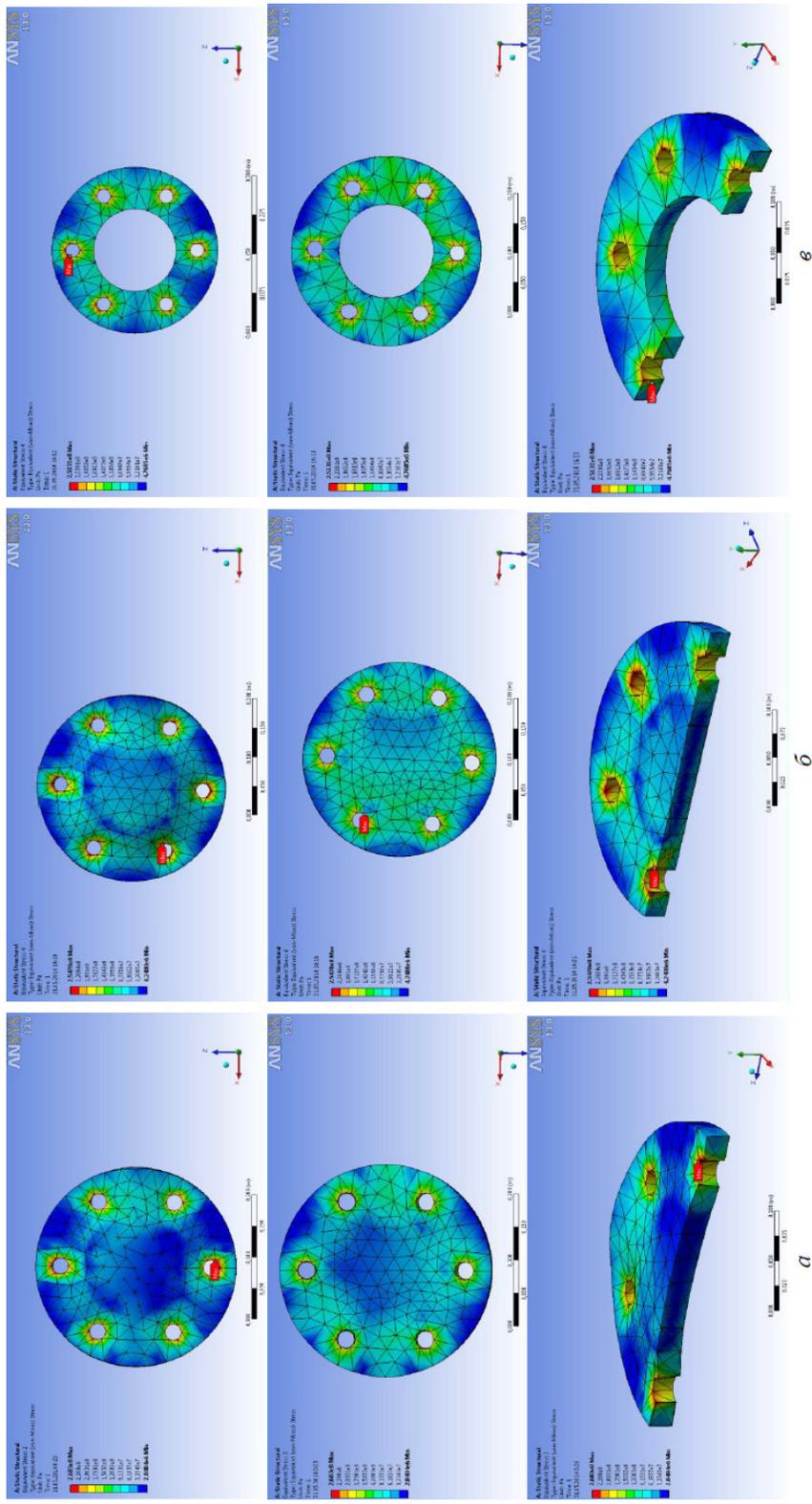


Рис. 5. Эквивалентные напряжения по фон-Мизесу во фланце при его толщине 25 мм: *a* – для непрорезного фланцевого узла с ребрами жесткости в трубе; *б* – для непрорезного фланцевого узла без ребер жесткости в трубе; *в* – для прорезного фланцевого узла с ребрами жесткости в трубе

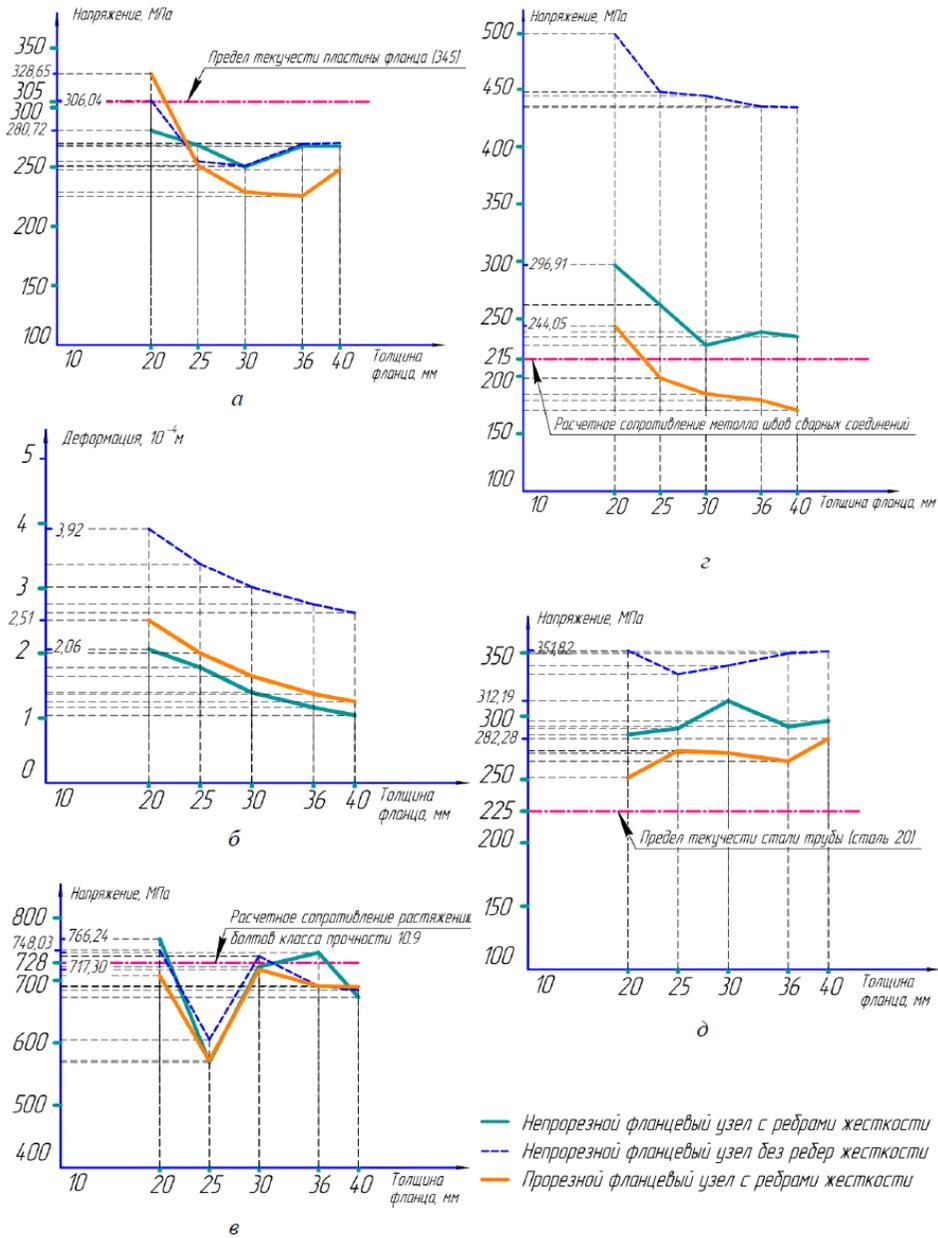


Рис. 6. Графики зависимости: а – напряжения в пластине фланца от ее толщины; б – деформации пластины фланца от ее толщины; в – напряжения в болте от толщины пластины фланца; г – напряжения в сварном шве от толщины пластины фланца; д – напряжения в теле трубы от толщины пластины фланца



20 мм максимальные напряжения наблюдаются уже на контактной поверхности с другим фланцем.

Локальную концентрацию напряжений в теле трубы наблюдаем в местах приварки ребер жесткости в непрорезном и прорезном фланцевых узлах с ребрами жесткости. В узле без ребер жесткости локальная концентрация напряжений в трубе наблюдается в месте стыка ее с пластиной фланца.

Напряжение в трубе не зависит от толщины фланца.

Максимальные напряжения в болтах наблюдаются на контактной поверхности с пластиной фланца. Изгиб не наблюдается даже при толщине 20 мм. Напряжение распределено равномерно по всему телу болта.

По результатам расчета построены графики зависимости напряжений в элементах узла от толщины пластины для всех типов узлов (рис. 6 цв. вклейки).

Уровень напряжений при всех исполнениях узлов примерно одинаковый.

Сравнение численного и аналитического методов расчета показывает схожесть результатов, что может говорить об их адекватности.

Процентное сравнение основных критериев непрорезных и прорезных фланцевых узлов с ребрами жесткости для толщины 25 мм приведено в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение основных критериев фланцевых узлов непрорезных и прорезных с ребрами жесткости для толщины 25 мм

| Критерий | Непрорезной фланцевый узел с ребрами жесткости | Прорезной фланцевый узел с ребрами жесткости | Разница, % |
|-------------------------------------|--|--|------------|
| Напряжение в пластине фланца, МПа/% | 267,56/100 | 251,31/93,93 | -6,07 |
| Деформация в пластине фланца, м | 1,66 10 ⁻⁴ /100 | 2,00 10 ⁻⁴ /120,48 | +20,48 |
| Напряжение в трубе, МПа/% | 290,4/100 | 272,7/93,9 | -6,1 |
| Напряжение в сварном шве, МПа/% | 262,12/100 | 198,49/75,72 | -24,28 |
| Напряжение в болте, МПа/% | 568,8/100 | 571,02/100,4 | +0,4 |

Вывод

По результатам исследования влияния типа исполнения фланцевого узла и толщины пластины фланца на распределение напряжений и деформаций выявлен наиболее надежный узел – прорезной фланцевый узел с ребрами жесткости толщиной 25 мм. Его применение обусловлено наименьшими напряжениями во всех элементах узла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по проектированию, изготовлению и сборке монтажных фланцевых соединений стропильных ферм с поясами из широкополочных двутавров. – Москва : ЦНИИПСК, 1981. – 57 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : актуализированная редакция СНиП II-23-81*. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 140 с. – Текст : непосредственный.
3. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Москва : Минстрой России, 2016. – 80 с. – Текст : непосредственный.
4. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций. – Москва : ЦНИИПСК, 1988. – 83 с. – Текст : непосредственный.



5. Беленя, Е. И. Металлические конструкции. Общий курс : учебник для вузов / Е. И. Беленя, В. А. Балдин, Г. С. Ведеников [и др.] ; под общей редакцией Е. И. Беленя. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1986. – 560 с. – Текст : непосредственный.

6. Давыдов, Е. Ю. Проектирование ферм из круглых и прямоугольных труб : учебное пособие по разделу «Расчет и конструирование стержневых конструкций с применением круглых и прямоугольных труб» курса «Металлические конструкции» : в 3 томах / Е. Ю. Давыдов. – Минск : БГПА, 2000. – 128 с. – Текст : непосредственный.

LAMPSI Boris Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor, head of the chair of theory of structures and technical mechanics; MARKINA Yulia Dmitrievna, assistant of the chair of theory of structures and technical mechanics

RESEARCH OF STRESS-STRAIN STATE OF FLANGE JOINTS OF STEEL TOWER STRUCTURES

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

Key words: flange, flange assembly of round pipes, flange connection, stress-strain state of flange assembly.

The article compares numerical and analytical methods for calculating a flange assembly. The influence of the flange assembly arrangement and the thickness of the flange plate on the distribution of stresses and strains in the elements of the assembly is analyzed.

REFERENCES

1. SP 16.13330.2017 Stalnye konstruksii [Steel constructions]. Aktualizirivannaya redaktsiya SNiP II-23-81*. Moscow: Standartinform, 2017, 140 p.
2. SP 20.13330.2016 Nagruzki i vozdeystviya [Loads and Impacts]. Aktualizirivannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85*. Moscow: Minstroy Rossii, 2016, 80 p.
3. Rekomendatsii po raschyoty, proektirovaniyu, izgotovleniyu i montazhu flantseyvykh soedineniy stroitelnykh konstruksiy [Recommendations on calculation, design, manufacture and installation of flanged joints of steel building structures]. Moscow: TsNIIPSK, 1988, 83 p.
4. Belenya E. I., Baldin V. A., Vedenikov G. S., et al. Metallicheskie konstruksii [Metal constructions]. Obschiy kurs: Uchebnik dlya vuzov. Pod obsch. red. E. I. Belenya. 6-e izd., pererab. i dop. Moscow: Stroyizdat, 1986, 560 p.
5. Davydov E. Yu. Proektirovanie ferm iz kruglykh i pryamougolnykh trub [Design trusses of round and rectangular pipes]. Ucheb. posobie po razdelu “Raschyot i konstruirovaniye sterzhnevyykh konstruksiy s primeneniyem kruglykh i pryamougolnykh trub” kursa “Metallicheskie konstruksii”. Minsk: BGPA, 2000, 128 p.
6. Rukovodstvo po proektirovaniyu, izgotovleniyu i sborke montazhnykh flantseyvykh soedineniy stropilnykh ferm s poiyasami iz shirokopolochnykh dvutavrov [Guidelines for design, manufacture and assembly of mounting flange joints of trusses with belts of wide-shelf I-beams]. Moscow: TsNIIPSK, 1981, 57 p.

© Б. Б. Лампси, Ю. Д. Маркина, 2020

Получено: 27.12.2019 г.



УДК 624.042.41

П. А. ХАЗОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики¹; **А. М. АНУЩЕНКО**, студент¹; **Е. А. ОНИЩУК**, магистрант кафедры строительной и теоретической механики²; **Ю. Д. ЩЕЛОКОВА**, инженер³

ЧИСЛЕННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА КРИВОЛИНЕЙНОЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНОЕ ПОКРЫТИЕ

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

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. Тел.: (495) 287-49-14;
эл. почта: e.onischuk@yandex.ru

³ООО «Союзстальконструкция»

Россия, 603155, г. Н. Новгород, ул. Горького, д. 262, офис 250.

Тел.: +7 (951) 910-24-22; эл. почта: julia.schelokova@mail.ru

Ключевые слова: ветровая нагрузка, криволинейное покрытие, численный эксперимент, модельный эксперимент.

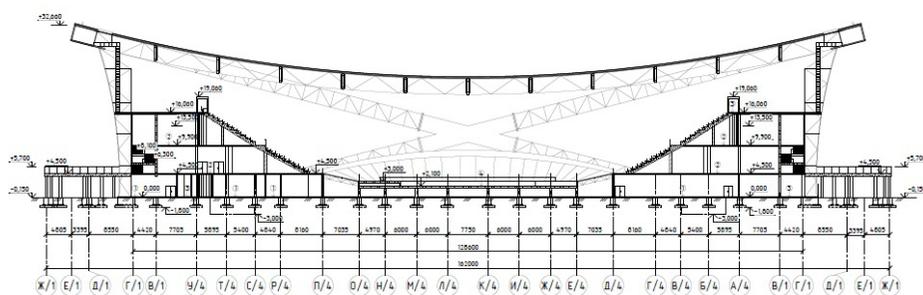
Приводится сравнение результатов численного и экспериментального моделирования аэродинамического обтекания криволинейной поверхности покрытия здания. Показано, что принципиальная картина распределения давлений по поверхности, а также картина обтекания здания ветровыми потоками при численном и модельном экспериментах совпадают.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом активно развивается уникальное строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений. Одной из особенностей названных инженерных объектов является их «чувствительность» даже к незначительным ветровым воздействиям, имеющим явную динамическую природу. Действующие нормативные документы зачастую не дают рекомендаций даже для приближенного определения ветровых нагрузок на конструкции сложных геометрических форм.

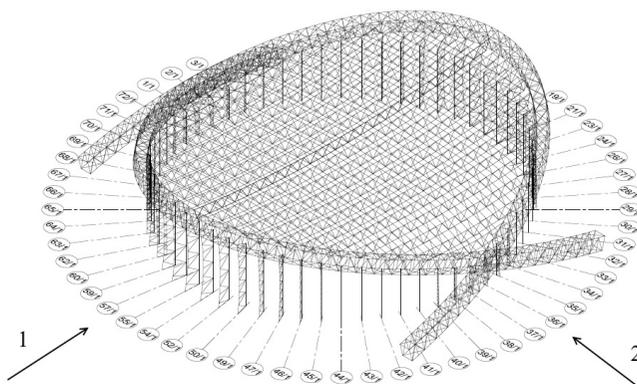
Согласно [1], в случае, когда принципиальная геометрическая схема здания не совпадает ни с одной из представленных в приложении В, для определения аэродинамических коэффициентов и расчетных значений ветровой нагрузки необходимо прибегнуть к модельному эксперименту в аэродинамической трубе.

Изучению строительной аэродинамики посвящено множество исследований последних десятилетий [2–10]. На данный момент не существует единой универсальной инженерной методики, позволяющей однозначно определить значения ветровых нагрузок на сооружения сложной формы.

Объектом исследования является проектируемое спортивное здание велодрома [6, 7] (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Проектируемое здание: а – главный разрез, б – расчетная схема (1, 2 – изучаемые направления ветровых потоков)

Ветровая нагрузка на подобное покрытие может быть определена с помощью аэродинамических испытаний. Экспериментальное исследование макета сооружения в лаборатории кафедры отопления и вентиляции ННГАСУ описано в статье [6]. На рис. 2 представлена принципиальная схема экспериментальной установки.

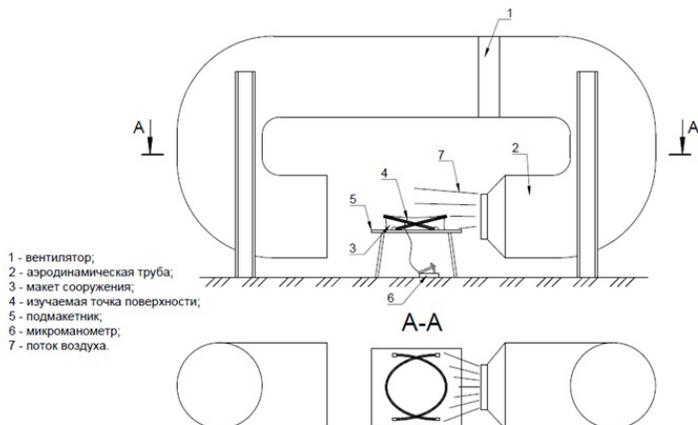


Рис. 2. Схема экспериментальной установки [6]

Помимо экспериментального исследования, может проводиться аналитическое исследование распределения давлений по поверхности покрытия с использованием уравнений Навье-Стокса [11], описывающих обтекание твердого тела потоком сжимаемой жидкости:

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

где ∇ – оператор набла, Δ – векторный оператор Лапласа, t – время, ν – коэффициент кинематической вязкости, ρ – плотность, p – давление, $\vec{v}(v^i - v^j)$ – векторное поле скорости, \vec{f} – векторное поле массовых сил.

Несмотря на компактность записи уравнения (1), на данный момент не найдено его точного решения, что приводит к необходимости использования численных методов.

Целью данного исследования является численное моделирование процесса обтекания изучаемого сооружения ветровым потоком, а также сравнение его результатов с результатами экспериментов, представленными в [6]. Для этого была создана пространственная твердотельная конечно-элементная модель в программно-вычислительном комплексе *ANSYS* [12, 13].

Численное моделирование выполнено с использованием рабочей среды программного обеспечения *ANSYS Workbench* и модуля вычислительной гидрогазодинамики *ANSYS CFX* (лицензия *ANSYS CustomerNumber: 1051709*).

Аэродинамическое течение моделировалось в области пространства, размеры выбраны относительно величины максимального пролета проектируемого здания H_{\max} : $A \geq 5H_{\max}$, $B \geq 5H_{\max}$, $C \geq 15H_{\max}$, $D \geq 6H_{\max}$ (рис. 3). Принимается, что внешние граничные условия области течения не влияют на результаты определения аэродинамических характеристик вблизи поверхности здания.

Построение расчетной сетки (рис. 4) для метода контрольных объемов осуществлялось в сеточном препроцессоре *ANSYS Meshing*. Для корректного воспроизведения течения в настройках сеточного генератора задавалось сгущение элементов сетки к поверхности здания. Общее число контрольных объемов пространственной сетки в результате генерации составило $5,2 \times 10^6$. В препроцессоре *ANSYS CFX* созданы граничные условия втекания и истечения воздуха из расчетной области. Поверхности здания присвоено граничное условие непротекания *Wall*, при котором на поверхности составляющая скорости по нормали равна нулю, а вязкое трение отсутствует.

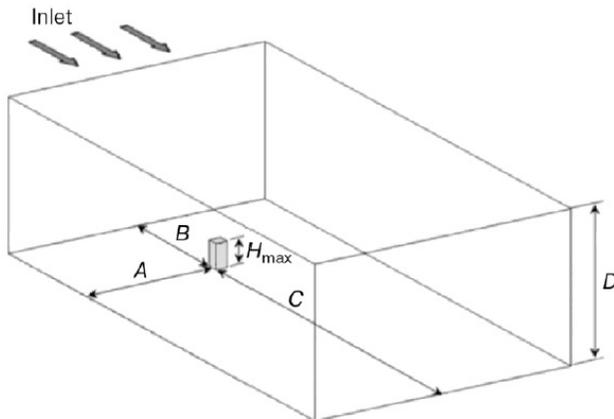
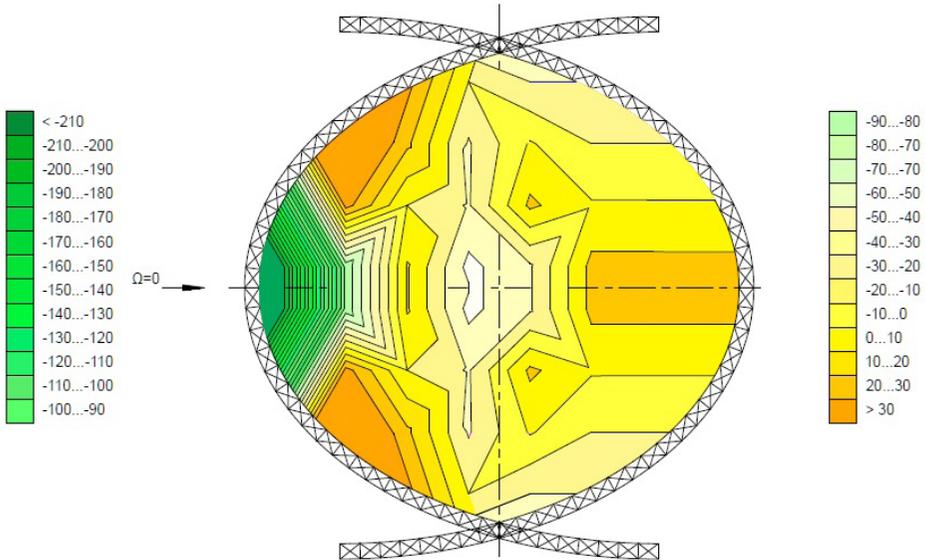
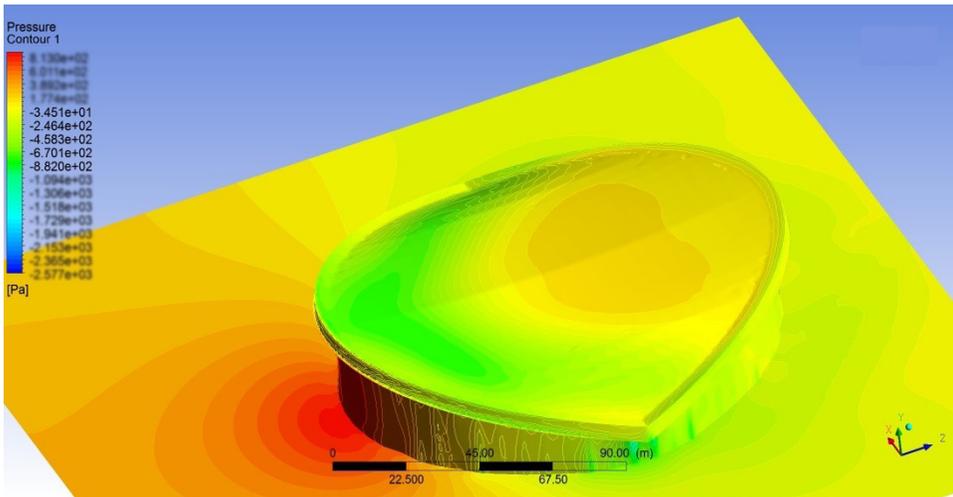


Рис. 3. Схема к определению параметров расчетной области

К СТАТЬЕ П. А. ХАЗОВА, А. М. АНУЩЕНКО, Е. А. ОНИЩУК,
 Ю. Д. ЩЕЛОКОВОЙ «ЧИСЛЕННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
 ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ
 НА КРИВОЛИНЕЙНОЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНОЕ ПОКРЫТИЕ»

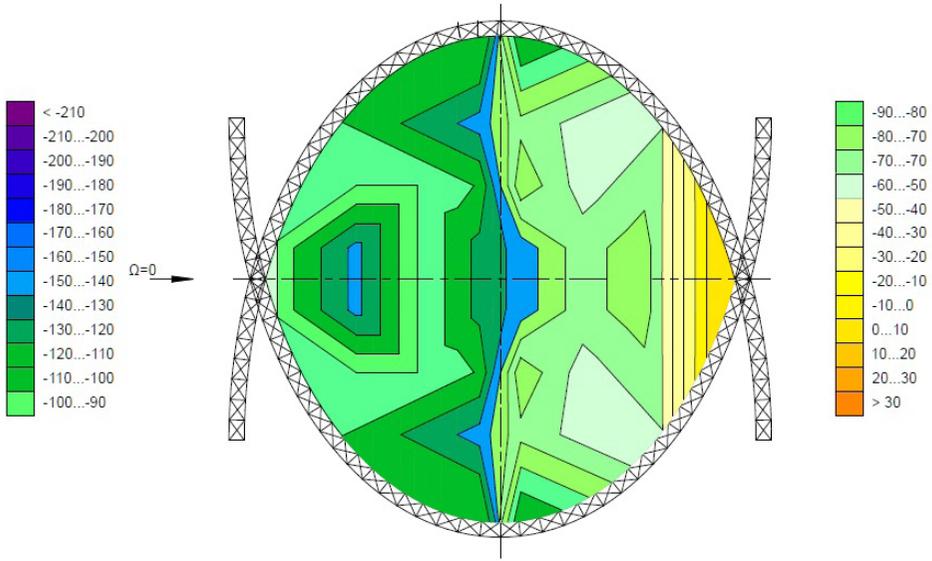


a

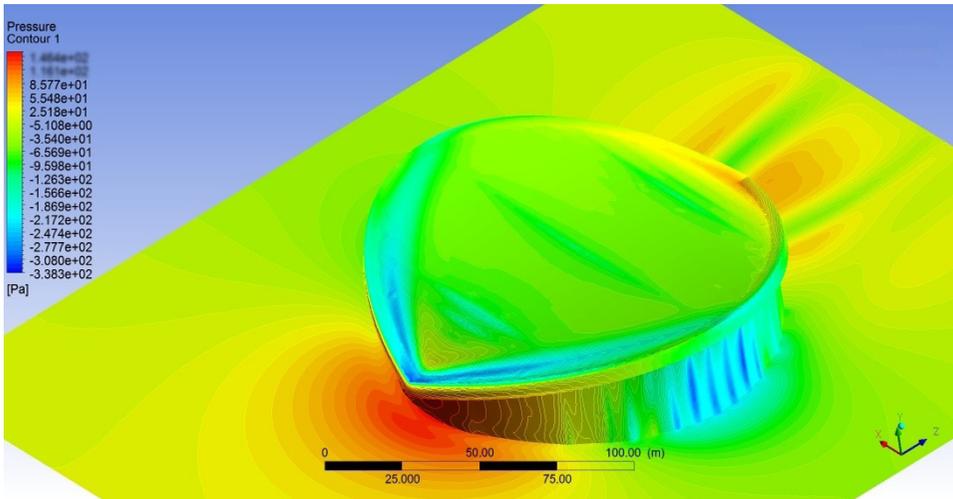


б

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

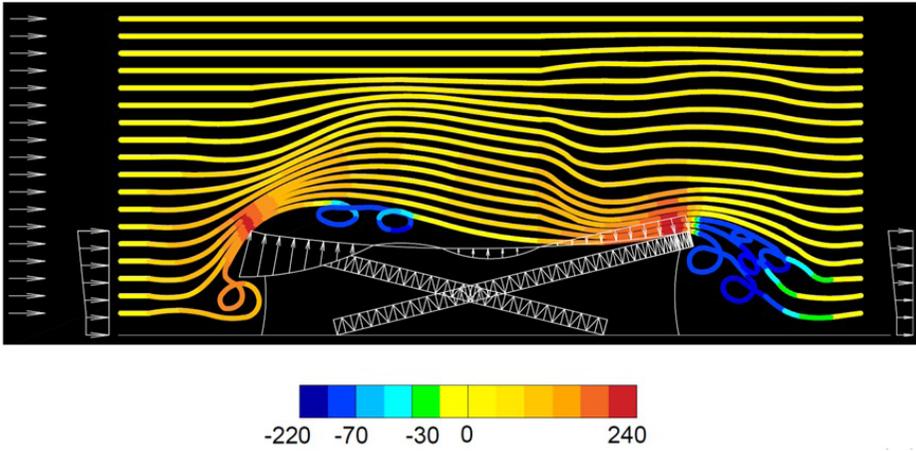


a

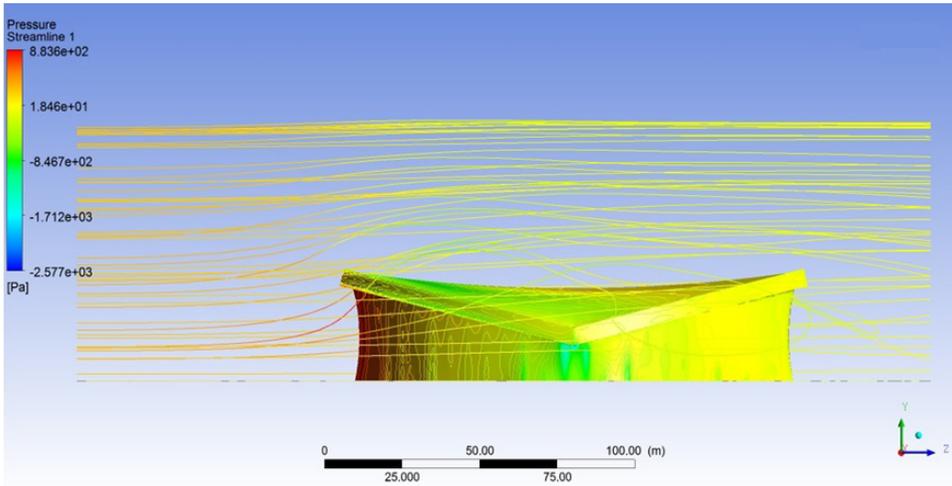


б

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

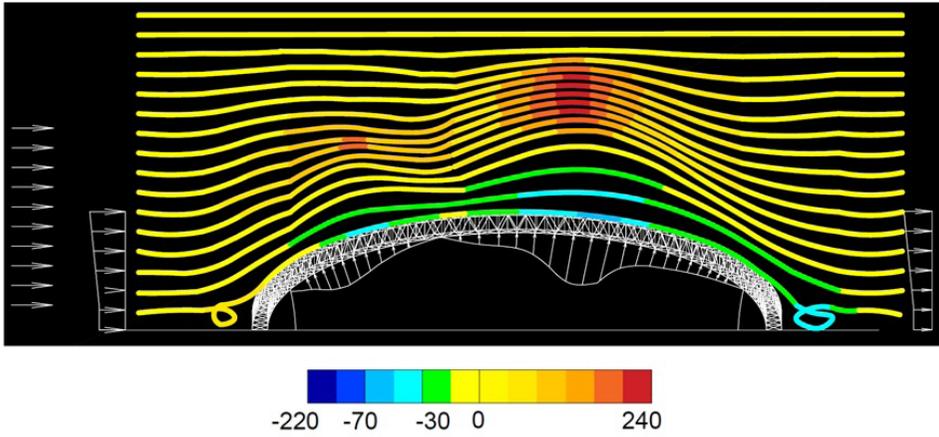


a

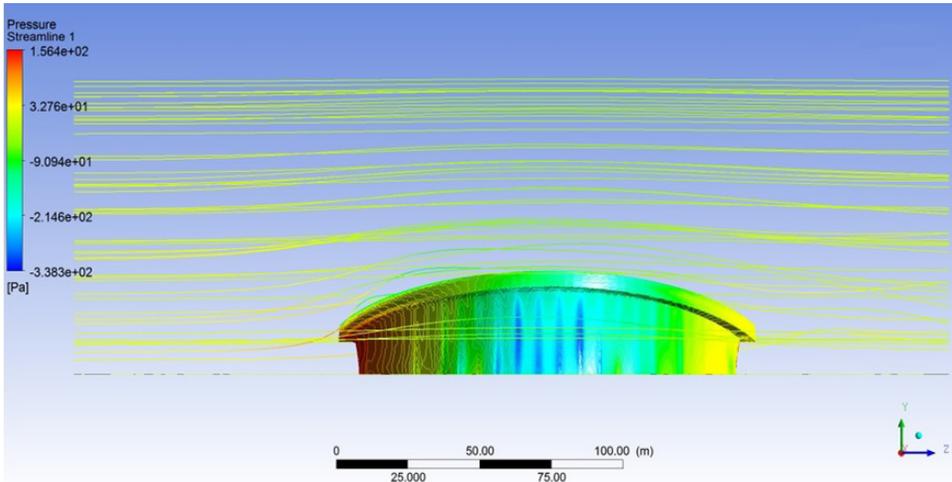


б

Рис. 3. Визуализация обтекания здания ветровым потоком (направление 1, рис. 1б): *a* – результаты физического моделирования; *б* – результаты математического моделирования



a



б

Рис. 4. Визуализация обтекания здания ветровым потоком (направление 2, рис. 1б): *a* – результаты физического моделирования; *б* – результаты математического моделирования

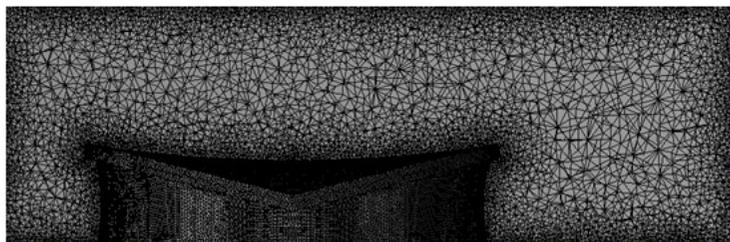


Рис. 4. Расчетная сетка, сгенерированная в *ANSYS Meshing*

На рис. 1, 2 цв. вклейки представлены результаты численного моделирования распределения давлений по поверхности сооружения при различных направлениях ветрового потока (направления 1, 2 показаны на рис. 1б), а также их сравнения с экспериментальными данными [6]. На рис. 3, 4 цв. вклейки приводится сравнение картин обтекания здания воздушными потоками, полученных на основании численного и экспериментального [6] моделирования.

Несмотря на некоторые расхождения в целом, численная картина распределения давлений подтверждается экспериментом, а картины обтекания здания практически полностью совпадают. Экстремальные значения отрывов, а также зоны их возникновения совпадают с погрешностью, не превышающей 5 %. В менее загруженных зонах расхождение результатов оказывается более значительным, но влияние этих зон на общее напряженно-деформированное состояние конструкций покрытия менее значимо.

На основании полученных результатов может быть сделан вывод, что при проектировании зданий и сооружений сложной геометрической формы необходимо выполнять как численное, так и экспериментальное моделирование, принимая в качестве расчетного наименее выгодное распределение нагрузок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия : свод правил : издание официальное : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр : дата введения 2017-06-04 : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* – Москва, 2016. – 80 с. – Текст : непосредственный.
2. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : монография / Э. И. Реттер. – Москва : Стройиздат, 1984. – 294 с. – Текст : непосредственный.
3. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – Москва : Изд-во литературы по строительству, 1972. – 111 с. – Текст : непосредственный.
4. Симиу, Э. Воздействия ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан ; пер. с англ. Б. Е. Маслова, А. В. Швецовоной. – Москва : Стройиздат, 1984. – 360 с. – Текст : непосредственный. – (Перевод издания: *WindEffectsonStructures* / E. Simiu, R. Scanlan (1978)).
5. Березин, М. А. Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций / М. А. Березин, В. В. Катюшин. – Новосибирск : Олден-полиграфия, 2003. – 138 с. – ISBN 5-94905-002-9. – Текст : непосредственный.
6. 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.
7. Хазов, П. А. Резонансный анализ конструктивных схем каркасного здания с учетом



податливости основания при ветровых и штормовых воздействиях / П. А. Хазов, Н. В. Санкина. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 3. – С. 18–27.

8. Мущанов, В. Ф. Исследование аэродинамических коэффициентов провисающих мембранных покрытий инженерных сооружений / В. Ф. Мущанов, А. В. Зубенко, А. А. Дроздов. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – Макеевка, 2017. – № 2. – Т. 23. – С. 81–96.

9. 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.

10. 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. – Нижний Новгород, 2019. – № 1. – С. 9–15.

11. Темам, Р. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ / Р. Темам ; пер. с англ. В. А. Новикова, А. М. Франка. – Москва : Мир, 1981. – 408 с. – Текст : непосредственный.

12. Вальгер, С. А. Структура турбулентного отрывного течения в окрестности установленной на пластине призмы / С. А. Вальгер, Н. Н. Федорова, А. В. Федоров. – Текст : непосредственный. // Теплофизика и аэромеханика / Институт теплофизики СО РАН. – Новосибирск, 2015. – Т. 22. – № 1. – С. 29–42.

13. Гувернюк, С. В. Компьютерное моделирование аэродинамических воздействий на элементы ограждений высотных зданий / С. В. Гувернюк, В. Г. Гагарин. – Текст : непосредственный // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК) / АВОК-Пресс. – Москва, 2006. – № 8. – С. 18–26.

KHAZOV Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics¹; ANUSCHENKO Aleksandr Mikhaylovich, student¹; ONISCHUK Elena Andreevna, postgraduate student of the chair of construction and technical mechanics²; SCHYOLOKOVA Yulia Dmitrievna, engineer³

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE DISTRIBUTION OF THE WIND LOAD ON THE CURVILINEAR LARGE-SPAN COVERING

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96;
e-mail: khazov.nngasu@mail.ru, aleksander.anusch@yandex.ru

²Moscow State (National Research) University of Civil Engineering
26, Yaroslavl'skoe ave., Moscow, 129337, Russia. Tel.: +7 (495) 287-49-14;
e-mail: e.onischuk@yandex.ru

³JSC "Soyuzstalkonstruksiya"
262, Gorky St., Nizhny Novgorod, 603155, Russia. Tel.: +7 (951) 910-24-22;
e-mail: julia.schelokova@mail.ru

Key words: wind load, curvilinear coating, numerical experiment, model experiment.

The article compares the results of numerical and experimental modeling of the aerodynamic flow around a curved surface of a building covering. It is shown that the fundamental pattern of pressure distribution over the surface and the pattern of wind flows around the building in numerical and model experiments coincide.



REFERENCES

1. SP 20.13330.2016 Nagruzki i vozdeystviya [Loads and effects] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon Prikazom Ministerstva i zhilishno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (Minstroy Rossii) ot 3 dekabrya 2016 goda № 891/pr : data vvedeniya 2017-06-04 : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.1.07-85*. Moscow, 2016, 80 p.
2. Retter E. I. Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika [Architectural and constructional aerodynamics]: monografiya. Moscow, Stroyizdat, 1984, 294 p.
3. Savitsky G. A. Vetrovaya nagruzka na sooruzheniya [Wind load on structures]. Moscow, Izd-vo literatury po stroitelstvu, 1972, 111 p.
4. Simiu E., Scanlan R. Vozdeystviya vetra na zdaniya i sooruzheniya [Wind effects on structures]; per. s angl. B.E. Maslova, A.V. Shvetsovoy. Moscow, Stroyizdat, 1984, 360 p.
5. Berezin M. A., Katyushin V. V. Atlas aerodynamicheskikh kharakteristik stroitel'nykh konstruktсий [Atlas of aerodynamic characteristics of building structures]. Novosibirsk: Olden-poliografiya, 2003, 138 p. ISBN 5-94905-002-9.
6. 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.
7. Khazov P. A., Sankina N. V. Rezonansny analiz konstruktivnykh skhem karkasnogo zdaniya s uchyotom podatlivosti osnovaniya pri vetrovykh i shtormovykh vozdeystviyakh [Resonance analysis of constructive schemes of a frame building adjusted for compliance of the foundation under wind and storm exposure]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2019. № 3. P. 18–27.
8. Muschanov V. F., Zubenko A.V. Drozdov A. A. Issledovanie aerodynamicheskikh koeffitsientov provisayuschikh membrannykh pokrytiy inzhenernykh sooruzheniy [Study of aerodynamic coefficients of sagging membrane coatings of engineering structures]. Metallicheskie konstruktсии [Steel constructions]. Makeevka, 2017, № 2. Vol. 23. P. 81–96.
9. Gagarin V. G., Guvernyuk S. V., Ledenyov P. V. Aerodynamicheskie kharakteristiki zdaniy dlya raschyota vetrovogo vozdeystviya na ograzhdayushchie konstruktсии [Aerodynamic characteristics of buildings for calculating wind effects on enclosing structures]. Zhilishnoe stroitelstvo [Housing construction]. Moscow: 2010, № 1. P. 7–10.
10. Erofeev V. I., Nikitina E. A., Khazov P. A., Satanov A. A., Generalova A. A. Vliyanie shtormovoy nagruzki na povrezhdyonnost materiala nesuschikh konstruktсий karkasnogo zdaniya [Influence of storm loads on damage of bearing constructions material of a frame building]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2019. № 1. P. 9–15.
11. Temam R. Uravnenie Nave–Stoksa. Teoriya i chislenny analiz [The Navier–Stokes equations. Theory and Numerical Analysis]; per. s angl. V.A. Novikova, A.M. Franka. Moscow: Mir, 1981, 408 p.
12. Valger S. A., Fyodorova N. N., Fyodorov A. V. Struktura turbulentnogo otrvnogo techeniya v okrestnosti ustanovlennoy na plastine prizmy [The structure of the turbulent separated flow in the vicinity of the prism mounted on the plate]. Teplofizika i aeromekhanika [Thermophysics and Aeromechanics]. Institut teplofiziki SO RAN. Novosibirsk, 2015. Vol. 22. № 1. P. 29–42.
13. Guvernyuk S. V., Gagarin V. G. Kompyuternoe modelirovanie aerodinamicheskikh vozdeystviy na element ograzhdeniy vysotnykh zdaniy [Computer modeling of aerodynamic effects on the elements of walls of high-rise buildings]. Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukh, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika [Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermal physics]. AVOK-Press. Moscow, 2006. № 8. P. 18–26.

© П. А. Хазов, А. М. Анущенко, Е. А. Онищук, Ю. Д. Щелокова, 2020

Получено: 07.12.2019 г.



УДК 533.6.01

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

ЗНАЧЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ХОЛОДНОГНУТОГО ПРОФИЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ

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

Ключевые слова: аэродинамические характеристики, ветровой поток, аэродинамический коэффициент лобового сопротивления, программный комплекс *SolidWorks Flow Simulation*.

*Представлены результаты численного исследования влияния угла атаки ветровой нагрузки на изменение аэродинамических характеристик холодногнутого профиля U-образного сечения, в том числе профиля, имеющего дефекты. Дана оценка возможности применения программного комплекса *SolidWorks Flow Simulation* для решения задач аэродинамики при расчете строительных конструкций.*

Согласно СП «Нагрузки и воздействия» [1] при определении компонентов основной ветровой нагрузки следует учитывать соответствующие значения аэродинамических коэффициентов, в том числе коэффициента лобового сопротивления c_x . Для большинства часто используемых профилей металлоконструкций аэродинамические характеристики представлены в СП [1]. Однако есть формы, которые малоизучены, и в большинстве расчетов к ним применяются обобщенные аэродинамические коэффициенты. Так, например, коэффициент лобового сопротивления c_x для конструкционных профилей принимается равным 1,4 [1], хотя истинное его значение может отличаться как в меньшую, так и в большую сторону.

В данной работе представлены уточненные значения коэффициента лобового сопротивления c_x для холодногнутого профиля U-образного сечения, полученные в программном комплексе *SolidWorks Flow Simulation*.

Данный профиль используется в качестве элемента поперечного сечения стержней решетчатых башенных и мачтовых сооружений, для которых ветровая нагрузка является приоритетной, а значение коэффициента c_x по [1] должно приниматься равным 1,4 независимо от угла атаки ветровой нагрузки.

В работе также дана оценка возможностей программного комплекса *SolidWorks Flow Simulation* для исследования воздействия ветровых потоков на изучаемый конструкционный профиль, получены картины обтекания ветровым потоком исследуемых объектов.

Определение значений аэродинамических характеристик для сложных пространственных конструкций требует трудоемких и дорогостоящих испытаний моделей в аэродинамических трубах. Кроме того, при расчете высотных объектов возникает необходимость учета изменения скорости ветра с высотой, что обеспечить в аэродинамической трубе достаточно сложно. Как правило, число Рейнольдса, полученное при испытаниях в аэродинамической трубе, отличается от фактического, что требует уточнения и корректировки. Существующие же про-



граммные комплексы обеспечивают точное вычисление коэффициента лобового сопротивления c_x и дают возможность определения рациональных параметров сооружения. Стоит отметить, что в некоторых случаях целесообразно сочетание программных расчетов и испытаний в аэродинамических трубах. Применение такого подхода может привести к уменьшению объема испытаний и материальных затрат, а также дать существенный экономический эффект.

На сегодняшний день существует множество программ, с помощью которых можно выполнять расчеты зданий и сооружений на воздействия ветровой нагрузки (*SCAD, ANSYS, SolidWorks*). Для того чтобы определить среднее давление, используются программы вычислительной гидродинамики (*FLUENT, ANSYS-CFX*), которые основаны на численном решении уравнения перемещения жидкости или газа.

Применяемый программный комплекс *SolidWorks Flow Simulation* позволяет решать комплекс задач, в том числе внешние задачи аэромеханики, используя при этом математическую модель Навье-Стокса движения вязкой по Ньютону жидкости [2].

Аэродинамика описывается фундаментальными физическими законами механики сплошных сред. Законы сохранения выражают свойство сохранения массы, энергии и импульса для каждого элементарного объема движущейся среды [3].

При использовании законов сохранения широко применяется принцип *обратимости (относительности) движения*. Суть принципа состоит в том, что сила, действующая на тело в воздушном потоке, зависит только от относительной скорости движений тела и воздуха и не зависит от того, движется ли тело в покоящемся воздухе или же воздух движется относительно неподвижного тела.

Закон сохранения импульса – это выражение второго закона Ньютона в применении к частицам среды. В случае, когда скорость течения мала (плотность можно считать постоянной на протяжении всего поля течения), выполняется следующее соотношение:

$$p_{ст} + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}, \quad (1)$$

где $p_{ст}$ – статическое давление; $\frac{\rho v^2}{2}$ – скоростной напор.

Течение, которое соответствует этому уравнению, называется несжимаемым и его можно применить как к жидкостям, которые практически несжимаемы, так и к газам, если скорости движения малы по отношению к скорости звука [4]. Для интересующей строителя области задач можно с достаточным приближением принять, что при скорости потока до 100 м/с параметры воздуха остаются неизменными [5].

Аэродинамические коэффициенты – безразмерные величины, характеризующие аэродинамические силовые факторы (силу и момент), действующие на тело, движущееся в жидкой или газообразной среде.

Аэродинамический коэффициент лобового сопротивления c_x находят как отношение силы лобового сопротивления N к скоростному напору и площади тела в скоростном потоке:

$$c_x = \frac{N}{1/2 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S}, \quad (2)$$

где N – сила лобового сопротивления, H ; S – площадь тела в воздушном потоке, m^2 .

**К СТАТЬЕ Н. Ю. ТРЯНИНОЙ, Е. Н. ОБЛЕТОВА, И. А. САМОХВАЛОВА
«ЗНАЧЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ХОЛОДНОГНУТОГО ПРОФИЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ
ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ»**

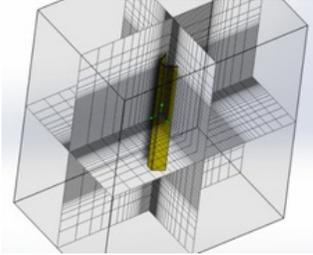


Рис. 1. Исследуемый объект в области расчета

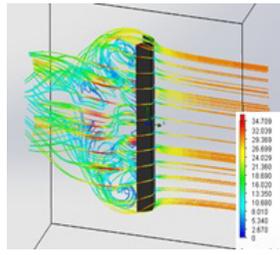


Рис. 2. Картина обтекания модели при угле атаки $\alpha = 0^\circ$

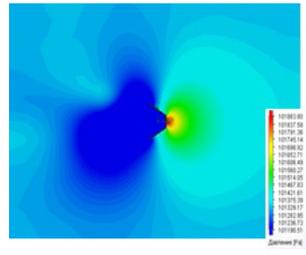


Рис. 3. Картина распределения давления в сечении модели при угле атаки $\alpha = 0^\circ$

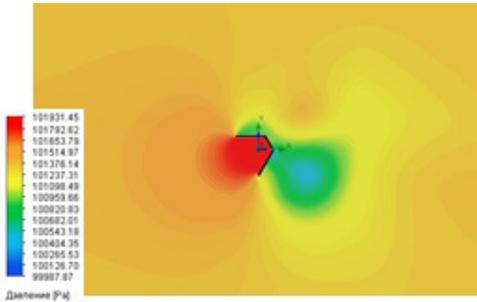


Рис. 4. Картина распределения давления в сечении модели при угле атаки $\alpha = 150^\circ$

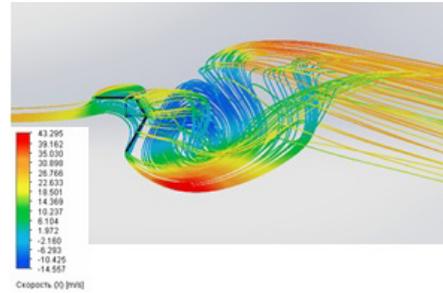


Рис. 5. Картина обтекания модели при угле атаки $\alpha = 150^\circ$ (вид сверху)

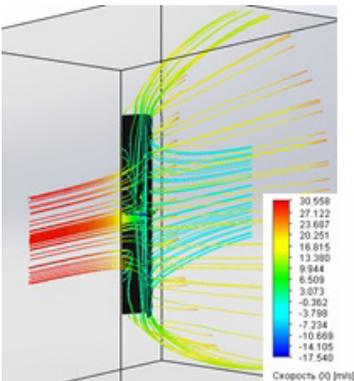


Рис. 6. Картина обтекания модели при угле атаки $\alpha = 180^\circ$

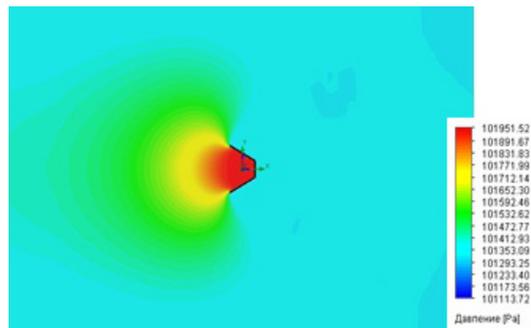


Рис. 7. Картина распределения давления в сечении модели при угле атаки $\alpha = 180^\circ$

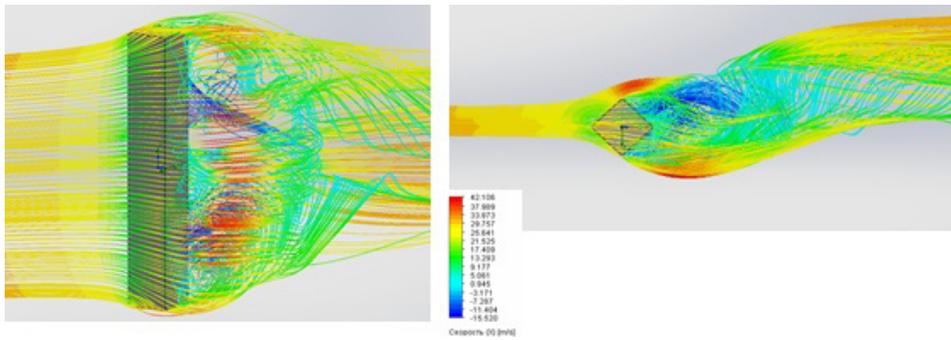


Рис. 8. Картина обтекания стержня квадратного сечения (атака в грань)

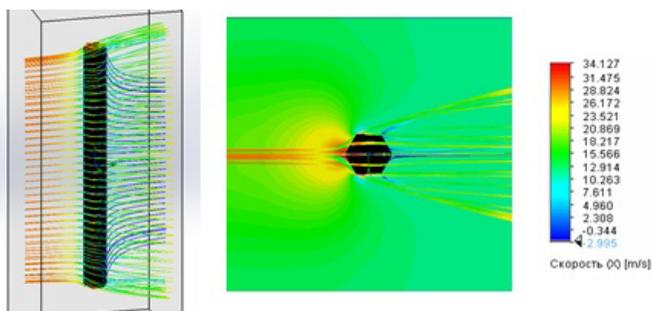


Рис. 9. Картина обтекания правильного шестигранника

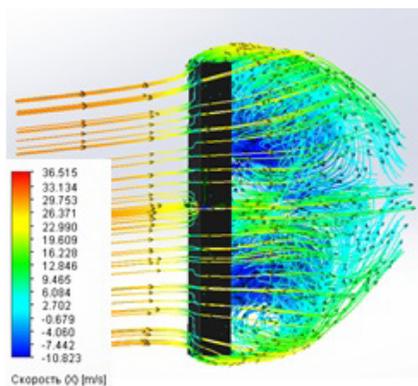


Рис. 10. Картина обтекания модели при угле атаки $\alpha = 0^\circ$ с дефектом вариант 1а

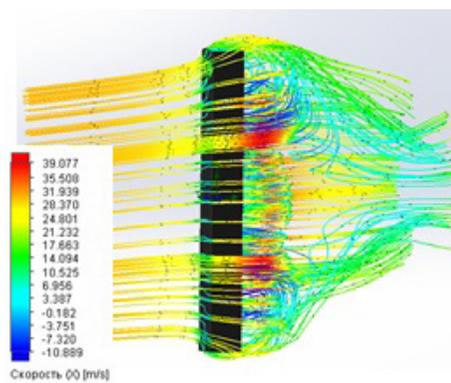


Рис. 11. Картина обтекания модели при угле атаки $\alpha = 0^\circ$ с дефектом вариант 1б

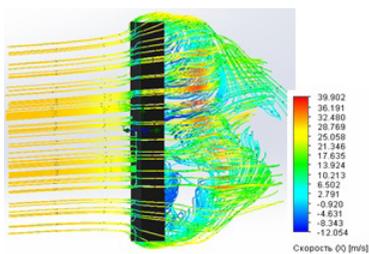


Рис. 12. Картина обтекания модели при угле атаки $\alpha = 0^\circ$ с дефектом вариант 2

Можно выделить три коэффициента сил:

- коэффициент силы сопротивления (направление силы совпадает со скоростью набегающего потока);
- коэффициент подъемной силы (направление силы перпендикулярно к направлению скорости встречного потока);
- коэффициент боковой силы (направление силы ортогонально предыдущим двум).

Коэффициент силы связан с другими безразмерными параметрами. Одним из таких параметров является число Рейнольдса (R_e). Данный критерий определяется выражением:

$$R_e = \frac{\rho v l}{\mu}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент (абсолютной) динамической вязкости, кг/м·с; l – характерный линейный масштаб, м.

Для выполнения аэродинамического расчета выбиралась максимальная скорость ветра на высоте 10 м согласно ветровому району. В модели были приняты следующие граничные условия:

- на входе в расчетную область задана скорость ветрового потока;
- на выходе из расчетной области – условие постоянства давления p .

При решении задач в программах вычислительной аэродинамики особое внимание нужно уделять выбору размеров воздушного пространства и сеточной дискретизации. Использование недостаточного воздушного пространства вокруг обдуваемого тела и некорректное сеточное разрешение могут привести к получению искаженных результатов [6, 7].

В ходе проведения ряда численных экспериментов были подобраны размеры расчетной области таким образом, что дальнейшее их увеличение не сказывается на получаемых результатах.

Расчет выполняется для разных углов атаки ветрового потока: $\alpha = 0-180^\circ$ с шагом 15° (рис. 1–9 цв. вклейки).

Условия и начальные параметры задачи:

- тип задачи – внешняя;
- текущая среда – идеальный газ;
- тип течения – турбулентное;
- турбулентная интенсивность – 3 %;
- число Рейнольдса – $1,06 \cdot 10^6$;
- шероховатость – 20 мкм;
- атмосферное давление – 101 325 Па;
- температура – 293,2 К;
- плотность воздуха – $1,204 \text{ кг/м}^3$;
- скорость набегающего потока – 30 м/с.

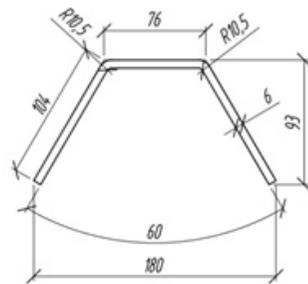


Рис. 1. Сечение исследуемого U-образного профиля

Результаты аэродинамического расчета, а конкретно значения коэффициентов лобового сопротивления s_x сведены в табл. 1 и представлены на графике зависимости s_x от угла атаки (рис. 2).

Таблица 1

Результаты аэродинамического расчета

| Угол атаки $\alpha, ^\circ$ | Площадь в плане $S, \text{ м}^2$ | Максимальная сила лобового сопротивления $N, \text{ Н}$ | Коэффициент лобового сопротивления c_x |
|--------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| 0 | 0,285 | 145,75 | 0,83 |
| 15 | 0,306 | 149,13 | 0,85 |
| 30 | 0,279 | 162,66 | 1,07 |
| 45 | 0,282 | 167,96 | 1,10 |
| 60 | 0,264 | 155,76 | 1,09 |
| 75 | 0,232 | 123,59 | 0,99 |
| 90 | 0,183 | 94,31 | 0,95 |
| 105 | 0,232 | 120,58 | 0,96 |
| 120 | 0,264 | 185,25 | 1,29 |
| 135 | 0,282 | 246,35 | 1,61 |
| 150 | 0,279 | 330,34 | 2,18 |
| 165 | 0,306 | 365,02 | 2,20 |
| 180 | 0,285 | 176,81 | 1,01 |

В работе также было выполнено исследование влияния дефектов на значение коэффициентов лобового сопротивления для U -образного профиля. Рассматривались 2 рода дефектов при различном их расположении:

1) Дефект в виде шестиугольного отверстия в профиле со стороной 40 мм и два его положения:

- а) в центре (рис. 10 цв. вклейки);
- б) ближе к краю профиля (рис. 11 цв. вклейки).

2) Дефект в виде продольного скола шириной от 8 до 20 мм и длиной 335 мм вдоль большей части профиля (рис. 12 цв. вклейки).

В результате расчета были получены следующие средние значения коэффициентов лобового сопротивления в зависимости от вида дефекта:

$C_x = 0,685$ – вариант 1а; $C_x = 0,737$ – вариант 1б; $C_x = 0,758$ – вариант 2.

Таким образом, наличие дефектов приводит к снижению коэффициентов лобового сопротивления до 20 % в зависимости от ширины дефекта, причем при продольной трещине снижение значений коэффициентов менее заметно (до 10 %).

Для оценки точности вычислений коэффициентов лобового сопротивления C_x в программном пакете *SolidWorks Flow Simulation* выполнено сравнение величин c_x с данными, представленными в [5, 8]. Для этого получены коэффициенты c_x для простых сечений: труба, стержень квадратного сечения, правильный шестигранник.

Результатом расчета являются аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления c_x . Сравнение полученных результатов с данными из источников сведено в табл. 2.



Таблица 2

Сравнение полученных результатов с данными источников [5]

| Объект исследования | Коэффициент лобового сопротивления c_x | | Погрешность, % |
|--|--|-----------------------------------|----------------|
| | литературные источники | <i>SolidWorks Flow Simulation</i> | |
| 1. Труба гладкая * | 0,5 | 0,53 | 6 |
| 2. Стержень квадратного сечения (атака в ребро) ** | 1,1 | 1,13 | 2,7 |
| 3. Стержень квадратного сечения (атака в грань) ** | 1,4 | 1,36 | 2,8 |
| 4. Правильный шестигранник *** | 1,2 | 1,16 | 3,3 |

* при удлинении $L/d = 14$

** при отношении $H/a = 14$ (a – диагональ сечения)

*** $H/D = 7$ (D – диаметр вписанной окружности)

Из табл. 2 можно сделать вывод о том, что результаты имеют хорошую сходимость в сравнении с ранее опубликованными в источниках данными.

В заключение можно отметить, что найденные значения коэффициентов лобового сопротивления c_x для U -образного профиля варьируются в пределах 0,83 – 2,2 в зависимости от угла атаки ветровой нагрузки. Наибольший коэффициент $c_x = 2,2$ соответствует углу атаки 165° , что в 1,47 раза больше, чем предлагаемое значение 1,4 в СП 20 Приложение В.1.13 [1] для конструктивных профилей.

Предложенная в исследовании методика оценки аэродинамических параметров в программах вычислительной аэродинамики *SolidWorks Flow Simulation* может быть использована при решении практических задач аэродинамики.

В случаях, не предусмотренных обязательным приложением В «Ветровые нагрузки» СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [1] (иные формы сооружений, учет при надлежном обосновании других направлений ветрового потока или составляющих общего сопротивления тела по другим направлениям и т. п.), аэродинамические коэффициенты допускается принимать по справочникам или на основе результатов продувок моделей конструкций в аэродинамических трубах, что крайне неудобно и дорого. Современные программные комплексы дают возможность произвести достаточно точный расчет аэродинамических коэффициентов. Найденные значения коэффициентов можно применять для расчета и проектирования строительных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 года № 891/пр : дата введения 2017-06-04 : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Москва, 2016 – 80 с. – Текст : непосредственный.

2. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation : монография / А. А. Алямовский. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 464 с. – ISBN 978-5-94074-586-0. – Текст : непосредственный.



3. Хлопков, Ю. И. Лекции по теоретическим методам исследования турбулентности: учебное пособие / Ю. И. Хлопков, В. А. Жаров, С. Л. Горелов. – Москва : МФТИ, 2005. – 179 с. – ISBN 5-7417-0132-9. – Текст : непосредственный.
4. Прандтль, Л. Гидроаэромеханика : пер. с нем. / Л. Прандтль. – Москва : РХД, 2002. – 572 с. – Текст : непосредственный.
5. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – Москва : Стройиздат, 1972. – 110 с. – Текст : непосредственный.
6. Дубинский, С. И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы : специальность 05.13.18 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С. И. Дубинский. – Санкт-Петербург, 2010. – 198 с. – Текст : непосредственный.
7. Мелешко, В. А. Аэроупругая неустойчивость зданий и сооружений в ветровом потоке : специальность 05.23.17 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. А. Мелешко. – Санкт-Петербург, 2011. – 129 с. – Текст : непосредственный.
8. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В. А. Кучеренко – Москва : Стройиздат, 1978. – 216 с. – Текст : непосредственный.

TRYANINA Nadezhda Yurevna, candidate of technical sciences, professor of the chair of theory of structures and technical mechanics; OBLETOV Evgeny Nikolaevich, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics; SAMOKHVALOV Ivan Aleksandrovich, assistant of the chair of building structures

VALUES OF AERODYNAMIC COEFFICIENTS OF THE COLD-BENT PROFILE DEPENDING ON THE DIRECTION OF THE WIND LOAD

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

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

Tel.: +7 (831) 430-54-96; e-mail: tstm@nngasu.ru

Key words: aerodynamic characteristics, wind flow, aerodynamic drag coefficient, complex *SolidWorks Flow Simulation*.

The article presents the results of a numerical study of the influence of the angle of attack of the wind load on the change in the aerodynamic characteristics of a cold-formed U-shaped section. The possibility of using the SolidWorks Flow Simulation complex to solve aerodynamic problems in the calculation of building structures is assessed.

REFERENCES

1. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya [Loads and impacts] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 3 dekabrya 2016 roda № 891/pr : data vvedeniya 2017-06-04 : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85*. Moscow, 2016, 80 p.
2. Alyamovsky A. A. Inzhenernye raschyoty v SolidWorks Simulation [Engineering calculations in SolidWorks Simulation]: monogr.. Moscow: DMK Press, 2010, 464 p. ISBN 978-5-94074-586-0.
3. Khlopkov Yu. I., Zharov V. A., Gorelov S. L. Leksii po teoreticheskim metodam issledovaniya turbulentnosti [Lectures on theoretical methods for the study of turbulence]: uchebnoe posobie. Moscow: MFTI, 2005, 179 p. ISBN 5-7417-0132-9.
4. Prandtl L. Gidraeromekhanika [Hydroaeromechanics]: per. s nem. Moscow: RKhD, 2002, 572 p.
5. Savitsky G. A. Vetrovaya nagruzka na sooruzheniya [Wind load on structures]. Moscow: Stroyizdat, 1972, 110 p.



6. Dubinsky S. I. Chislennoe modelirovanie vetrovykh vozdeystviy na vysotnye zdaniya i komplekсы [Numerical modeling of wind effects on high-rise buildings and complexes]: spets. 05.13.18 : dis. kand. tekhn. nauk. Saint-Petersburg, 2010, 198 p.

7. Meleshko V. A. Aerouprugaya neustoychivost zdaniy i sooruzheniy v vetrovom potoke [Aeroelastic instability of buildings and structures in the wind flow] : spets. 05.23.17 : dis. kand. tekhn. nauk. Saint-Petersburg, 2011, 129 p.

8. Rukovodstvo po raschyotu zdaniy i sooruzheniy na deystvie vetra [Guidance on the calculation of buildings and structures for the action of wind] / Tsentr. Nauch.-issled. institut stroitelnykh konstruksiy im. V. A. Kucherenko. Moscow: Stroyizdat, 1978, 216 p.

© Н. Ю. Трянина, Е. Н. Облетов, И. А. Самохвалов, 2020

Получено: 07.12.2019 г.

УДК 699.8

А. И. КОЛЕСОВ, канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой строительных конструкций; **А. В. ЧЕЧУРИНА**, магистрант кафедры строительных конструкций

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ РАМ С РИГЕЛЯМИ ПОВЫШЕННОЙ ПЕРЕМЕННОСТИ НА ОСНОВЕ КЭ-МОДЕЛИРОВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-88;
эл. почта: Ach896@yandex.ru

Ключевые слова: рамы переменного сечения, расчетные длины, прощелкивание узлов, расход стали.

Представлено обоснование конструкционной безопасности стальных тонкостенных рам с ригелями повышенной переменности. Определены расчетные длины элементов рам. Проведена проверка на прощелкивание узлов.

В источниках [1, 2] в основном рассмотрены стальные рамы переменного сечения с равномерной переменностью по длине ригеля. При этом, как правило, расчеты стержневых КЭ-моделей осуществляются на недеформированных схемах с делением стоек и ригеля на конечные элементы длиной около 1 м.

В настоящей статье рассмотрено напряженно-деформированное состояние (НДС) стержневой КЭ-модели на деформированной геометрической оси рамы от расчетных сочетаний нагрузок (усилий) с разбивкой ее на элементы длиной по 0,5 м.

Рассмотрена рама со следующими параметрами: пролет 36 м с двускатным симметричным ригелем; шаг рам – 6 м; геометрические оси стоек – наклонные, проходят через центры тяжести сечений конечных элементов; геометрическая ось ригеля ломаного очертания проходит через центры тяжести конечных элементов ригеля.

Рассмотрено четыре варианта рам: *вариант 1* из стали С245 рамы равномерной переменности сечения колонн и ригелей; *вариант 2* из стали С245 рамы равномерной переменности сечения колонн и повышенной переменности сечения ригелей; *вариант 3* из стали С345 рамы равномерной переменности сечения колонн и ригелей; *вариант 4* из стали С345 рамы равномерной переменности сечения колонн и повышенной переменности сечения ригелей.

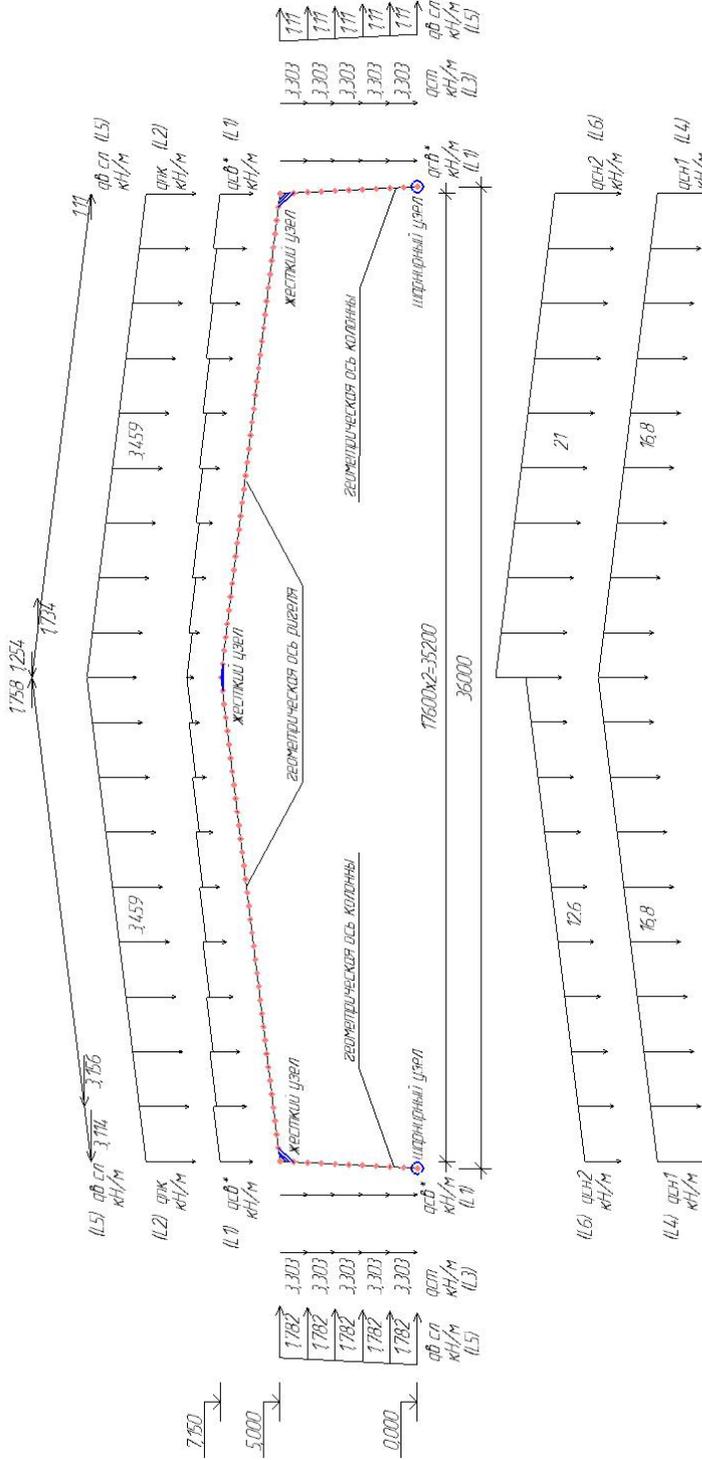


Рис. 1. Геометрическая схема поперечной рамы

Конечно-элементная модель поперечной рамы с равномерной и повышенной переменностью ригеля представлена на рис. 2.

Рамы рассчитаны на следующие нагрузки: собственный вес ($L1$), вес покрытия ($L2$), вес стен ($L3$), снеговая равномерная ($L4$), ветровая слева ($L5$), снеговая неравномерная ($L6$).

Геометрическая схема поперечной рамы с нагрузками представлена на рис. 1. Расстояние h_6 от земли до оголовки фундамента не учтено.

Комбинации загрузок в соответствии с разделом 6 [3]:

1) $L1 + L2 + L3 + L4 + 0,9L5$;

2) $L1 + L2 + L3 + L6 + 0,9L5$.

Собственный вес металлических конструкций для каждого варианта рамы автоматически задан в программном комплексе *SCAD* в зависимости от заданных жесткостей и приложен в центрах тяжести конечных элементов.

Постоянная нагрузка от ограждающих навесных стен приложена без эксцентриситета к геометрической оси колонн в качестве равномерно распределенной нагрузки.

Постоянная нагрузка от кровли приложена к геометрической оси ригеля в качестве равномерно распределенной нагрузки.

Нормативное значение снеговой нагрузки по [3] рассмотрено для двух вариантов загрузки (г. Н. Новгород): симметричный снег на ригеле ($\mu_1 = 1$) и несимметричный снег ($\mu_2 = 0,75$) – на левой половине ригеля, ($\mu_3 = 1,25$) – на правой половине ригеля.

Нормативное значение ветровой нагрузки принято по [3] для местности типа А 1-го климатического района.

Конечно-элементная модель поперечной рамы с равномерной и повышенной переменностью ригеля представлена на рис. 2.

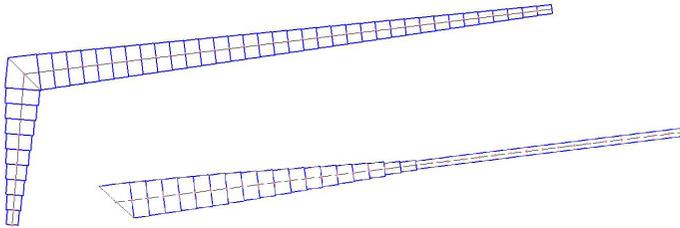


Рис. 2. КЭ-модель с равномерной переменностью колонны и ригеля

Проверка НДС вариантов рам проводилась по I и II предельным состояниям. Для ригелей повышенной переменности расчет производился путем повторных итераций до утверждения сечения с наименьшим запасом. Всего выполнено по две итерации для каждого варианта.

Коэффициент расчетных длин μ_{\max} определяется с помощью программного комплекса *SCAD* как отношение расстояния между точками перегибов к геометрической длине на основании графиков перемещений и представлен в табл. 1.

В настоящей статье в качестве примера представлена выборка из графиков на рис. 3–6.

В качестве примера статический расчет КЭ-моделей и конструктивный расчет НДС элементов рамы на последней итерации представлены в табл. 2, 3 с учетом параметров: $\varphi_g = (\lambda, m_{ej})$.

Расчет элементов рамы из ее плоскости не выполняется, так как из плоскости действия моментов поперечная рама раскреплена: на стойках – каркасом стен, на ригеле – прогонами со связями и кровельными сэндвич-панелями.



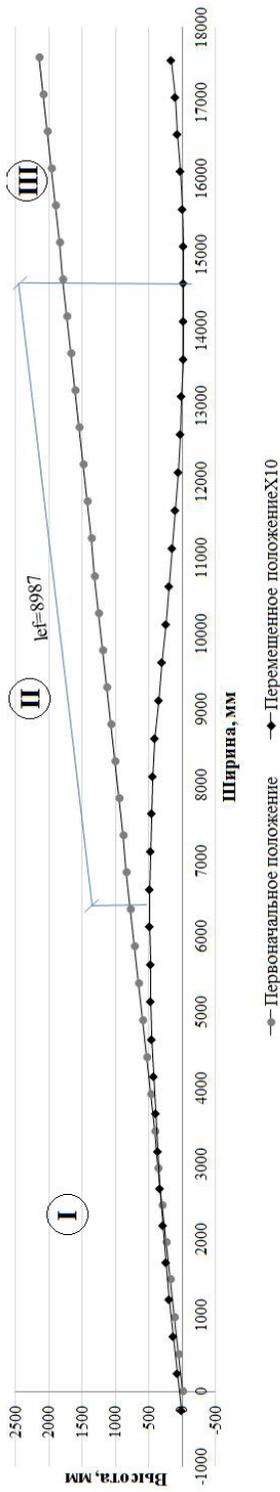
Таблица 1

Результаты проектирования вариантов рам

| Элемент рамы | Номер варианта рамы | Номер комбинации нагрузжений | Расчетная длина деформированной КЭ по графикам рис. 3–6 | μ_{\max} | НДС элементов рамы по таблицам расчета напряжений | Перемещение элементов рамы в расчетных сечениях | Расход стали по вариантам и их эффективность в % |
|--------------|---------------------|------------------------------|---|--------------|---|---|--|
| Ригель | 1 | 1 | $l_{e1} = 9\ 740$ | 0,58 | сталь С245 | $\frac{f_u}{l} = \frac{7,98}{3520} = \frac{1}{441}$ * | 100 вариант 1 |
| | | 2 | $l_{e2} = 10\ 286$ | | | | |
| Колонна | 1 | 1 | $l_{e1} = 8\ 471$ | 2,22 | сталь С245 | $\frac{W_u}{H} = \frac{0,96}{500} = \frac{1}{521}$ ** | |
| | | 2 | $l_{e2} = 11\ 117$ | | | | |
| Ригель | 2 | 1 | $l_{e1} = 8\ 987$ | 0,67 | сталь С245 | $\frac{f_u}{l} = \frac{10,5}{3520} = \frac{1}{335}$ | 93,36 (6,64) вариант 2 |
| | | 2 | $l_{e2} = 11\ 777$ | | | | |
| Колонна | 1 | 1 | $l_{e1} = 8\ 471$ | 2,22 | сталь С245 | $\frac{W_u}{H} = \frac{1,49}{500} = \frac{1}{336}$ | |
| | | 2 | $l_{e2} = 11\ 117$ | | | | |
| Ригель | 3 | 1 | $l_{e1} = 13\ 635$ | 0,8 | сталь С345 | $\frac{f_u}{l} = \frac{9,97}{3520} = \frac{1}{353}$ | 95,76 (4,24) вариант 3 |
| | | 2 | $l_{e2} = 14\ 151$ | | | | |
| Колонна | 3 | 1 | $l_{e1} = 8\ 180$ | 2,18 | сталь С345 | $\frac{W_u}{H} = \frac{1,35}{500} = \frac{1}{370}$ | |
| | | 2 | $l_{e2} = 10\ 898$ | | | | |
| Ригель | 4 | 1 | $l_{e1} = 9\ 633$ | 0,57 | сталь С345 | $\frac{f_u}{l} = \frac{11,7}{3520} = \frac{1}{301}$ | 89,86 (10,14) вариант 4 |
| | | 2 | $l_{e2} = 10\ 008$ | | | | |
| Колонна | 3 | 1 | $l_{e1} = 8\ 180$ | 2,18 | сталь С345 | $\frac{W_u}{H} = \frac{1,76}{500} = \frac{1}{284}$ | |
| | | 2 | $l_{e2} = 10\ 898$ | | | | |

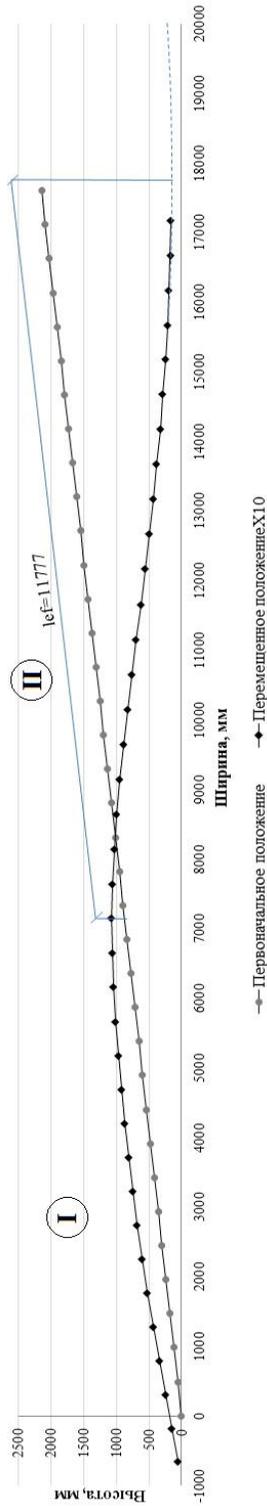
* предельно допустимый вертикальный прогиб ригеля – 1/300;

** предельно допустимое горизонтальное перемещение колонны – 1/150.



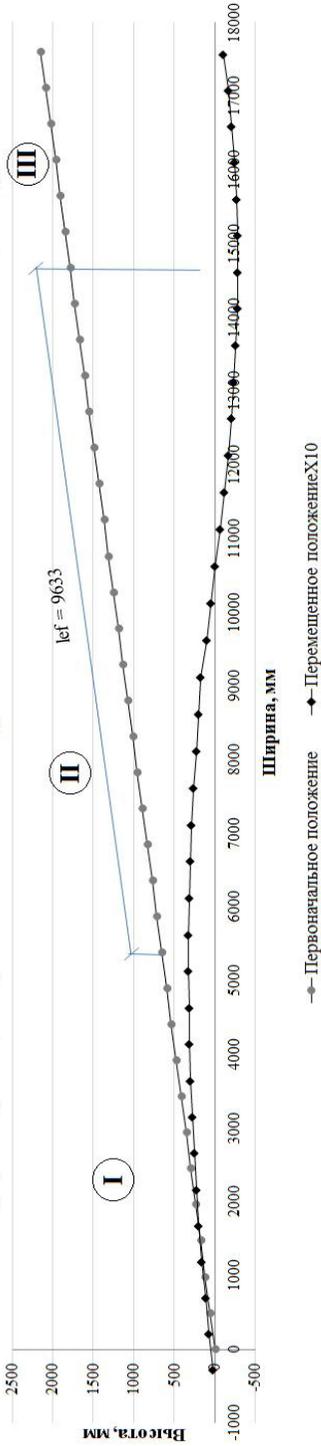
Расчетная длина на участках: I – 7 291 мм; II – 8 987 мм; III – 2 798 мм. Для анализа выбрана наибольшая (на участке II)

Рис. 3. График перемещения ригеля повышенной переменности из стали S245 от 1-й комбинации нагружений



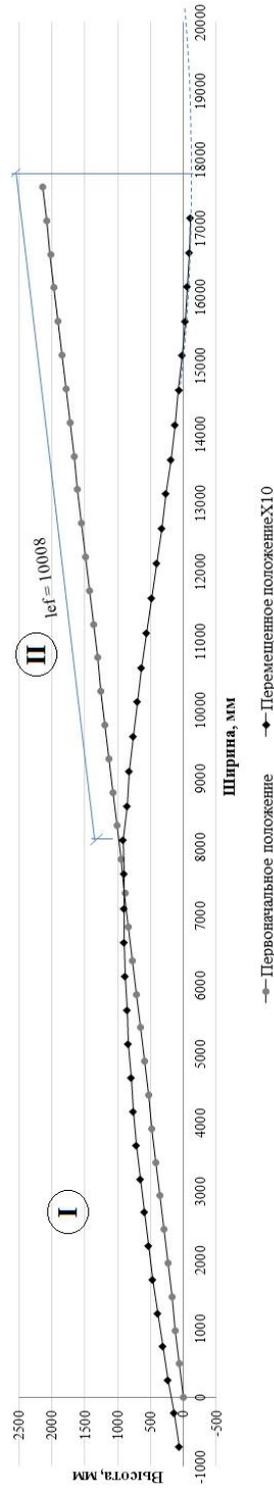
Расчетная длина на участках: I – 8 599 мм; II – 11 777 мм. Для анализа выбрана наибольшая (на участке II)

Рис. 4. График перемещения ригеля повышенной переменности из стали S245 от 2-й комбинации нагружений



Расчетная длина на участках: I – 5 880 мм; II – 9 633 мм; III – 3 014 мм. Для анализа выбрана наибольшая (на участке II)

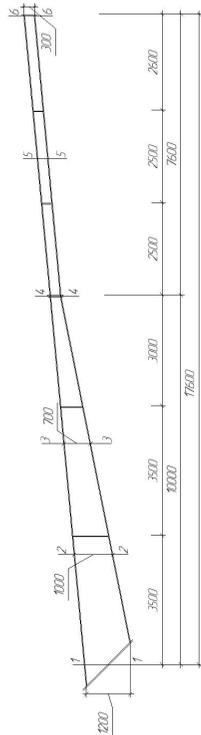
Рис. 5. График перемещения ригеля повышенной переменности из стали S345 от 1-й комбинации нагрузжений



Расчетная длина на участках: I – 9 120 мм; II – 10 008 мм. Для анализа выбрана наибольшая (на участке II)

Рис. 6. График перемещения ригеля повышенной переменности из стали S345 от 2-й комбинации нагрузжений

Таблица 2

**Конструктивный расчет ригеля повышенной переменной сечения
из стали С245**

Ригель повышенной переменной сечения из стали С245

| Сечение | M , кНм | N , кН | H , мм | t_f , мм | b_f , мм | t_w , мм | l , см | μ | λ_x | λ | e , см | φ_e | Проверка |
|---------|-----------|----------|----------|------------|------------|------------|----------|-------|-------------|-----------|----------|-------------|----------|
| 1-1 | 2 242,93 | 521,275 | 1 200 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,67 | 25,06143 | 0,855417 | 430,2777 | 0,091 | 0,920830 |
| 2-2 | 1 456,38 | 506,507 | 1 000 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,67 | 29,46772 | 1,005816 | 287,5340 | 0,117 | 0,766922 |
| 3-3 | 823,543 | 492,537 | 700 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,67 | 40,66421 | 1,387983 | 167,2043 | 0,141 | 0,730667 |
| 4-4 | 276,506 | 477,565 | 300 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,67 | 91,12805 | 3,110456 | 57,89913 | 0,141 | 0,933363 |
| 5-5 | 243,468 | 459,697 | 300 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,67 | 91,12805 | 3,110456 | 52,96271 | 0,158 | 0,801773 |
| 6-6 | 225,103 | 443,854 | 300 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,67 | 91,12805 | 3,110456 | 50,71555 | 0,166 | 0,736833 |

Конструктивно приняты ребра жесткости толщиной 12 мм: 144×960, 144×580, 144×260

Таблица 3

Расчет ригеля повышенной переменной сечения из стали С345

| Сечение | M, кНм | N, кН | H, мм | tf, мм | bf, мм | tw, мм | l, см | μ | λ_x | $\bar{\lambda}$ | e, см | φe | Проверка |
|---------|----------|---------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------------|-----------------|----------|-------|----------|
| 1-1 | 2 243,66 | 520,383 | 100 | 1 | 300 | 12 | 1 760 | 0,57 | 23,03015 | 0,907691 | 431,1555 | 0,086 | 0,7649 |
| 2-2 | 1 469,67 | 505,723 | 970 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,57 | 25,76106 | 1,015325 | 290,6077 | 0,111 | 0,6148 |
| 3-3 | 847,271 | 491,83 | 680 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,57 | 35,52557 | 1,400175 | 172,2691 | 0,121 | 0,6454 |
| 4-4 | 310,23 | 476,943 | 300 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,57 | 77,52685 | 3,055579 | 65,04551 | 0,135 | 0,7302 |
| 5-5 | 201,567 | 459,222 | 300 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,57 | 77,52685 | 3,055579 | 43,89315 | 0,175 | 0,5424 |
| 6-6 | 180,997 | 443,527 | 300 | 20 | 300 | 12 | 1 760 | 0,57 | 77,52685 | 3,055579 | 40,80856 | 0,187 | 0,4902 |

Конструктивно приняты ребра жесткости толщиной 12 мм: 144×880, 144×550, 144×260



Как следует из графиков деформированной оси ригеля, практически во всех рассмотренных вариантах имеют место две точки перегиба и три участка расчетных длин: от карнизного узла до первой точки перегиба, между двумя точками перегиба и от второй точки перегиба до конькового узла рамы. И только в двух графиках перемещений (рис. 4 и рис. 6) – два участка расчетных длин: от карнизного узла до первой точки перегиба и между двумя точками перегиба.

При этом участок наибольшей длины всегда оказывается между двумя точками перегиба деформированной оси. Он и принимается во всех вариантах за расчетную длину при оценке НДС ригеля.

В литературе [1, 2] для ригелей рассматриваемых рам с жесткими верхними узлами (коньковый узел тоже рассматривается как жесткий, но с вероятной податливостью по вертикали при симметричном нагружении и одновременно по горизонтали при несимметричном нагружении) нет анализа расчетных длин участков ригеля.

Поэтому для проверки стабильности (надежности) положения точек перегибов деформационной оси ригеля в пролете и, следовательно, для правильной оценки НДС ригеля были использованы результаты исследований Д. Т. Райта о возможности или отсутствии прощелкивания жестких узлов в сетчатых оболочках (см. [5, с. 146]).

Как следует из указанного исследования, прощелкивания жестких узлов в сетчатых однослойных оболочках не будет при выполнении условия:

$$a^2 / R \times i < 9, \quad (1)$$

где a – расчетная длина стержня; R – радиус кривизны оболочки; i – радиус инерции поперечного сечения стержня.

Если применить эту формулу для деформированного ригеля рамы переменного сечения по длине пролета, то за расчетную длину ригеля принимаем расстояние между точками перегиба a .

R_i – радиус кривизны деформированной оси в сечении i :

$$R_i = EY_{x,i} / M_{x,i}; \quad (2)$$

i_x – радиус инерции поперечного сечения ригеля в сечении i :

$$i_x = \sqrt{Y_{x,i} / A_i}. \quad (3)$$

Выборка результатов вычислений по формуле $a^2 / R \times i < 9$ представлена в табл. 4. Таблица 4

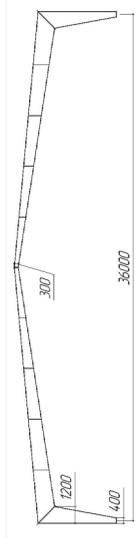
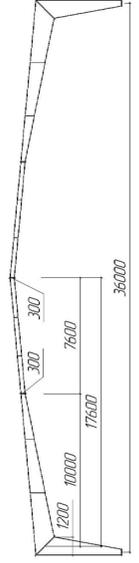
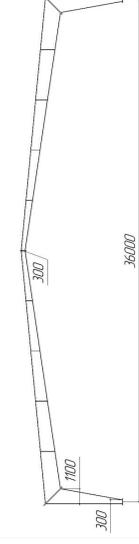
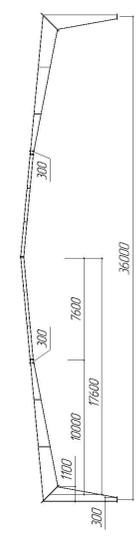
Вычисления на прощелкивание

| Сечение i на ригеле | $M_{x,i}$, кНм | $Y_{x,i}$, см ⁴ | A_i , см ² | i_x , см | a расчетная длина между точками перегиба, м | $\frac{a^2}{R \times i}$ | <9 |
|---|-----------------|-----------------------------|-------------------------|------------|---|--------------------------|----|
| Вариант 2: из стали С245 рама равномерной переменности сечения колонн и повышенной переменности сечения ригелей | | | | | | | |
| 4-4 | 276,51 | 25 277,6 | 151,2 | 12,93 | 1 177,7 | 5,70 | <9 |
| 6-6 | 225,1 | 25 277,6 | 151,2 | 12,93 | 1 177,7 | 4,64 | <9 |
| 6-6* | 225,1 | 25 277,6 | 151,2 | 12,93 | 1 760,0* | 10,36 | >9 |
| Вариант 4: из стали С345 рама равномерной переменности сечения колонн и повышенной переменности сечения ригелей | | | | | | | |
| 4-4 | 310,23 | 25277,6 | 151,2 | 12,93 | 1 000,8 | 4,62 | <9 |
| 6-6 | 180,997 | 25277,6 | 151,2 | 12,93 | 1 000,8 | 2,69 | <9 |
| 6-6* | 180,997 | 25277,6 | 151,2 | 12,93 | 1 760,0* | 8,33 | <9 |

* за расчетную длину a взята геометрическая длина

Конструктивные схемы и металлоемкость рам и их элементов представлены в табл. 5.
Таблица 5

Металлоемкости вариантов рам и их элементов

| Рама | Элемент | Масса, кг |
|--|--------------------------|------------|
| <p>Равномерной перенности колонн и ригелей из стали С245</p>  | Ригель | 3 242,91 |
| | Колонна | 1 070,01 |
| | Рама | 8 625,831 |
| | Всего на здание (14 рам) | 120 761,6 |
| <p>Равномерной перенности колонн и повышенной перенности ригелей из стали С245</p>  | Ригель | 2 956,53 |
| | Колонна | 1 070,01 |
| | Рама | 8 053,07 |
| | Всего на здание (14 рам) | 11 2743,04 |
| <p>Равномерной перенности колонн и ригелей из стали С345</p>  | Ригель | 3 138,60 |
| | Колонна | 991,33 |
| | Рама | 8 259,86 |
| | Всего на здание (14 рам) | 115 637,98 |
| <p>Равномерной перенности колонн и повышенной перенности ригелей из стали С345</p>  | Ригель | 2 884,39 |
| | Колонна | 991,33 |
| | Рама | 7 751,43 |
| | Всего на здание (14 рам) | 108 520,05 |



Эффективность по расходу стали определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{2,3,4} = \frac{m_1 - m_{2,3,4}}{m_1} \times 100\%, \quad (4)$$

где $m_1 = 120\,761,6$ кг – масса несущего каркаса здания из 14 рам равномерной переменности из стали С245 (наиболее металлоемкий вариант, принят за 100 %); $m_{2,3,4}$ – масса варианта каркаса, эффективность которого определяется. Массы и эффективности вариантов представлены в табл. 5 и 1 соответственно.

Основные выводы:

1. Рама равномерной переменности из стали С345 (вариант 3) дает экономическую эффективность по расходу стали $\mathcal{E}_3 = 4,24$ %.

2. Рама равномерной переменности колонн и повышенной переменности ригелей из стали С245 (вариант 2), дает эффективность по расходу стали $\mathcal{E}_2 = 6,64$ %.

3. Наименьшая металлоемкость получилась у рамы равномерной переменности колонн и повышенной переменности ригелей из стали С345 (вариант 4). Экономическая эффективность по расходу стали $\mathcal{E}_4 = 10,14$ %.

4. В рассмотренных вариантах рам условие стабильности $a^2 / R \times i < 9$ положения точек перегибов деформированной оси ригеля выполняется без «прощелкивания» конькового узла, кроме сечения 6-6* для варианта 2, в котором за расчетную длину ригеля a была принята геометрическая длина половины ригеля рамы, не учитывающая точки перегибов деформированной оси, что маловероятно при жестких карнизном и коньковом узлах.

5. Можно ожидать, что стабильность положения точек перегибов и расчетных длин между ними в каждом варианте обеспечивает надежный расчет НДС при учете деформированной оси ригеля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Катюшин, В. В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчет, проектирование, строительство) / В. В. Катюшин. – Москва : Стройиздат, 2005. – 656 с. – ISBN 5-274-02030-5. – Текст : непосредственный.

2. Металлические конструкции. В 3 томах. Том 2. Конструкции зданий : учебное пособие для строительных вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов [и др.] ; под редакцией В. В. Горева. – 3-е изд., стер. – Москва : Высшая школа., 2004. – 528 с. – ISBN 5-06-003696-0. – Текст : непосредственный.

3. СП 20.13330.2017 Нагрузки и воздействия : свод правил : издание официальное : утверждено Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 4 июня 2017 г. – Москва, 2016. – 36 с. – Текст : непосредственный.

4. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. свод правил : издание официальное : утверждено Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : актуализированная редакция СНиП II-23-81* : дата введения 28 августа 2017 г. – Москва, 2017. – 148 с. – Текст : непосредственный.

5. Трушев, А. Г. Пространственные металлические конструкции : учебное пособие для вузов / А. Г. Трушев. – Москва : Стройиздат, 1983. – 215 с. – Текст : непосредственный.



KOLESOV Aleksandr Ivanovich, candidate of technical sciences, professor, holder of the chair of building constructions; CHECHURINA Anastasia Viktorovna, undergraduate student of the chair of building constructions

CONSTRUCTIONAL SAFETY JUSTIFICATION OF STEEL THIN-WALLED FRAMES WITH INCREASED SECTION VARIABILITY CROSSBARS BASED ON KE-MODELING

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-88;
e-mail: Ach896@yandex.ru

Key words: frames with variable section, calculated lengths, snapping junction, steel consumption.

The article presents justification of constructional safety of steel thin-walled frames with increased section variability crossbars. Calculated lengths of frame elements were determined. The junctions were checked for snapping.

REFERENCES

1. Katyushin V. V. Zdaniya s karkasami iz stalnykh ram peremennogo secheniya (raschyot, proektirovanie, stroitelstvo) [Buildings with steel frames of variable section (calculation, design, construction)]. Moscow: Stroyizdat, 2005, 656 p. – ISBN 5-274-02030-5.
2. Gorev V. V., Uvarov B. Yu., Filippov V. V., et al. Metallicheskie konstruksii [Steel constructions]. V 3 t. T. 2. Konstruksii zdaniy [Building constructions]: ucheb. posob. dlya stroit. vuzov / Pod red. V. V. Goreva. – 3-e izd., ster. Moscow: Vysshaya shkola, 2004, 528 p. – ISBN 5-06-003696-0.
3. SP 20.13330.2017 Nagruzki i vozdeystviya [Load and impact]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (Minstroy Rossii) ot 3 dekabrya 2016 g. № 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.01.07-85* : data vvedeniya 4 iyunya 2017 g. – Moscow, 2016, 36 p.
4. SP 16.13330.2017 Stalnye konstruksii [Steel constructions]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (Minstroy Rossii) ot 27 fevralya 2017 g. № 126/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp II-23-81* : data vvedeniya 28 avgusta 2017 g. Moscow, 2017, 148 p.
5. Trushev A. G. Prostranstvennye metallicheskie konstruksii [Spatial steel constructions]: ucheb. posobiye dlya vuzov. – Moscow: Stroyizdat, 1983, 215 p.

© А. И. Колесов, А. В. Чечурина, 2020

Получено: 20.01.2020 г.

УДК 696.133

А. С. АИСТОВ, канд. техн. наук, проф. кафедры общей физики и теоретической механики; **В. Б. ШТЕНБЕРГ**, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры общей физики и теоретической механики

КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ МАЛОЦИКЛОВЫХ НАГРУЗКАХ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 230-55-02;
эл. почта: oftm@nngasu.ru

Ключевые слова: циклическая долговечность, упругопластическая деформация, жесткое нагружение, малоцикловое разрушение.

Проведена оценка влияния формы сварных швов магистральных труб на концентрацию напряжений в зависимости от технологических условий формирования продольных сварных швов. Приведены теоретические и экспериментальные данные максимальных коэффициентов концентрации напряжений с учетом реальных отклонений геометрии труб от правильной цилиндрической формы.

Анализ условий эксплуатации магистральных нефте- и продуктопроводов [1, 2] показывает, что характерной особенностью работы основных элементов линейной части трубопроводов (труб большого диаметра) является нестационарный режим нагружения их внутренним давлением. На рис. 1 приведена характерная диаграмма изменения давления в нефтепроводе в течение одного месяца эксплуатации.

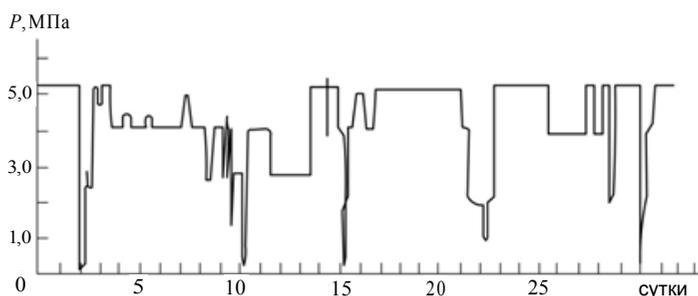


Рис. 1. Диаграмма изменения давления в нефтепроводе в течение одного месяца эксплуатации

Малоцикловое разрушение возникает в условиях развитых циклических упругопластических деформаций в локальной зоне конструкции при повторно-статическом нагружении. Так, при номинальных напряжениях ($\sigma_n \leq \sigma_r$) в стенке трубы большого диаметра могут возникать максимальные местные напряжения в зоне продольного сварного шва, значительно превышающие σ_r . Местное возмущение напряжений определяется прежде всего концентрацией напряжений (усиление шва, подрез, непровар) и изгибными эффектами (смещение кромок, угловатость сварного соединения, овальность сечения трубы) [2].

Влияние формы усиления сварного шва на концентрацию напряжений рассмотрено в работе [3].

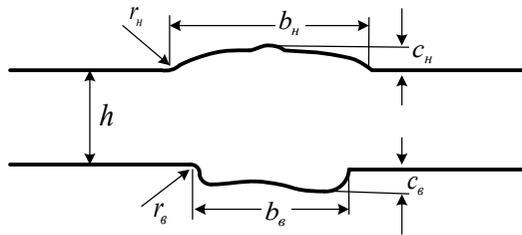


Рис. 2. Геометрия продольного сварного шва трубы большого диаметра: h – толщина стенки трубы, b – ширина сварного шва (наружная и внутренняя соответственно), c – высота выступа сварного шва, r – радиус перехода от наплавленного к основному металлу

Наиболее существенное влияние на коэффициент концентрации напряжений α_σ оказывают радиус перехода наплавленного металла к основному; высота и ширина выступа сварного шва. Для реальных труб магистральных трубопроводов радиус сопряжения основного металла с наплавленным равен 0,25–0,5 мм, средние значения высоты выступа сварного шва и его ширины составляют соответственно 3 и 20 мм. При этом значение α_σ для продольного шва сварных труб оказывается равным 1,58–1,65 для внутреннего шва и 1,3–1,5 для наружного. Полученные значения сопоставимы с экспериментальными значениями, определенными поляризационно-оптическим методом. Так, в работе [3] приводятся значения $\alpha_\sigma = 1,6$ для реального шва спиральношовных труб. Следует отметить, что автоматический процесс сварки, используемый на трубопрокатных заводах, обеспечивает большую стабильность геометрических параметров усиления сварного шва и, следовательно, коэффициента концентрации напряжений, обусловливаемого формой шва.

В работе [4] исследована зависимость напряженности от смещения кромок в сварном шве (рис. 3б). Как видно из рисунка, α_σ может достигать величины порядка $\alpha_\sigma = 4$.

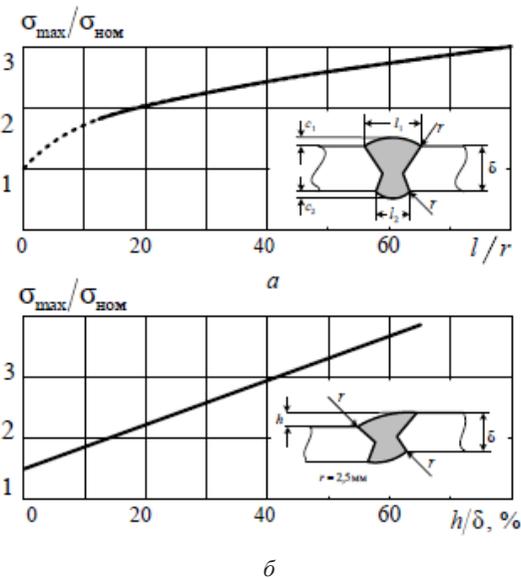


Рис. 3. Сварной шов без смещения кромок (а) и со смещением кромок в сварном соединении (б)

Величину изгибных напряжений в случае смещения кромок можно рассчитать по формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = \pm \frac{3\Delta \cdot \sigma_{\text{н}}}{1 + \frac{b}{2}k}, \quad (1)$$

где $k = \sqrt{\frac{6PD_{\text{вн}}}{Eh^3}}$, b – ширина сварного шва, $\sigma_{\text{н}}$ – номинальные напряжения

(в безмоментной зоне), $\Delta = \delta/h$ – относительное смещение, h – толщина стенки трубы, δ – величина смещения кромок, $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы, E – модуль упругости.

Для расчета изгибных напряжений из-за угловатости в районе продольного сварного шва трубы можно использовать эмпирическую формулу, дающую наилучшую сходимость с экспериментальными данными работы [2]:

$$\sigma_{\text{уг}} = \pm \frac{6b}{\delta} \text{tg } \beta \cdot \sigma_{\text{н}}, \quad (2)$$

где β – угол между осью стенки трубы и осью сварного шва (см. рис. 4).

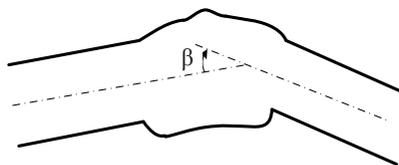


Рис. 4. Сварной шов с угловатостью

Влияние начальной овальности сечения на напряженное состояние труб можно оценить с помощью формулы, полученной с учетом изменения овальности от действия внутреннего давления [5]:

$$\sigma_{\text{ов}} = \pm \frac{3U\sigma_{\text{н}}}{\frac{h}{R} \left[1 + 4(1-\mu)^2 \cdot \frac{P}{E} \cdot \left(\frac{R}{h} \right)^3 \right]}, \quad (3)$$

где R – номинальный радиус трубы, $U = \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{min}}}{2R}$ – овальность трубы.

Для рабочих давлений и начальной овальности, допускаемой по [7] и равной 2 %, для трубы 720×11 мм: $\sigma_{\text{ов}} = 0,3\sigma_{\text{н}}$.

Местное повышение напряжений от изгибных эффектов, вызванных смещением кромок, угловатостью сварного соединения и овальностью сечения, приходится на зону концентрации напряжений сварного шва. При этом значения α_{σ} при растяжении и изгибе оказываются практически одинаковыми [5]. Принимая это во внимание, максимальные напряжения в зоне сварного шва можно вычислить по формуле

$$\sigma_{\text{max}} = \alpha_{\sigma} (\sigma_{\text{н}} + \sigma_{\text{из}}). \quad (4)$$

Используя уравнения (1)–(3), уравнение (4) можно переписать в виде:

$$\sigma_{\text{max}} = \alpha_{\sigma} \left(1 \pm \frac{3\Delta}{1 + \frac{b}{2}k} \pm \frac{6b}{\delta} \text{tg } \beta \pm \frac{3U}{\frac{h}{R} \left[1 + 4(1-\mu)^2 \cdot \frac{P}{E} \cdot \left(\frac{R}{h} \right)^3 \right]} \right) \cdot \sigma_{\text{н}}. \quad (5)$$



Проверка достоверности соотношения (5) для расчета суммарного эффекта местного повышения напряжений в сварных соединениях была проведена с использованием экспериментальных данных работы [1]. Результаты проверки приведены в табл. 1. Здесь и в дальнейшем для характеристики местного возмущения напряженного (деформированного) состояния в зоне сварного соединения трубы со смещением кромок, угловатостью и овальностью использовалось отношение напряжений в максимально напряженной зоне сварного шва к соответствующим величинам в безмоментной зоне (номинальные напряжения и деформации), условно обозначаемое как коэффициент концентрации α^* .

$$\alpha^* = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n} = \alpha_\sigma \left(1 \pm \frac{3\Delta}{1 + \frac{1}{2}bk} \pm \frac{6b}{\delta} \operatorname{tg} \beta \pm \frac{3U}{R[1 + 4(1 - \mu)^2 \frac{P}{E} \left(\frac{R}{h} \right)^3]} \right). \quad (6)$$

Таблица 1

**Результаты расчетных и экспериментальных значений
коэффициентов концентрации**

| Номер трубы | Параметры шва | | | | | | Коэффициент концентрации | | | |
|-------------|---------------|------|-----|-----|----------|---------|--------------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| | b | r | h | c | δ | β | α_σ | α_{113}/α_n | α_p^* | α_3^* |
| I | 23 | 0,25 | 11 | 4,4 | 4,0 | 11,5 | 1,75 | 3,74 | 8,29 | 8,0 |
| II | 28 | 0,25 | 11 | 3,6 | 0,5 | 7 | 1,48 | 2,11 | 4,60 | 4,7 |
| III | 34 | 0,25 | 11 | 1,0 | 3,2 | 4,5 | 1,22 | 2,26 | 4,06 | 4,1 |
| IV | 25 | 0,25 | 9 | 1,2 | 1,2 | 0 | 1,29 | 0,40 | 1,81 | 2,0 |

Здесь α_p^* – расчетный коэффициент концентрации; α_3^* – коэффициент концентрации, полученный поляризационно-оптическим методом в эксперименте [2] на моделях сварного соединения из оптически чувствительного материала. Из табл. 1 видно, что расхождение между экспериментальными и расчетными значениями коэффициентов концентрации не превосходят 10 %.

Известно, что расчет на прочность труб магистральных трубопроводов производится по предельному состоянию при статическом нагружении внутренним давлением. При этом не учитываются концентрация напряжений и изгибные эффекты, вызываемые указанными факторами (усиление сварного шва, смещение кромок сварного шва, угловатость в области продольного сварного шва, овальность поперечного сечения). Уровень напряжений в трубе определяется выражениями [6]:

$$\sigma_n = \frac{PD_{\text{вн}}}{2h} \leq \frac{R_1}{n} = [\sigma],$$

где $R_1 = \frac{mR_1^n}{k_1 k_n}$, P – рабочее давление в трубопроводе; n – коэффициент перегрузки

рабочего давления в трубопроводе, принимаемый обычно равным 1,1; R_1 – расчетное сопротивление металла трубы; R_1^n – нормальное сопротивление, принимаемое равным временному сопротивлению материала трубы; m – коэффициент условий работы трубопровода для нефте- и продуктопроводов при подземной прокладке (III и IV категории): $m = 0,9$; $K_1 = 1,55$ – коэффициент безопасности по материалу труб для прямошовных экспандированных труб из углеродистой стали, свариваемых двухсторонним швом дуговым методом (в основном используемых на нефтепроводах); $K_n = 1,0$ – коэффициент надежности, для нефте- и продуктопроводов с условным диаметром до 1 000 мм.



С учетом указанных коэффициентов $[\sigma] = \sigma_B/2$, т. е. в зоне номинальных напряжений материал трубопровода работает в пределах упругости (для низколегированных трубных сталей $\frac{\sigma_T}{\sigma_B} > 0,64$).

Вместе с тем, как показывают значения коэффициентов концентрации α^* (табл. 1), в околошовной зоне трубы возникают упругопластические деформации и $\alpha^* \geq 2$. При этом величины коэффициентов концентрации, полученные для условий упругого деформирования, должны быть скорректированы с учетом выхода материала за пределы упругости.

Определение упругопластических коэффициентов концентрации напряжений и деформаций по известной величине теоретического коэффициента концентрации напряжений и диаграмме статического или циклического упругопластического деформирования может быть выполнено с привлечением интерполяционного соотношения Нейбера:

$$\alpha_\sigma^2 = K_\sigma K_\epsilon \text{ или } \alpha_\sigma^2 = K_s K_\epsilon \quad (7)$$

либо модифицированного варианта зависимости [7].

$$K_\epsilon = \frac{\alpha_\sigma^{2/(1+m)} \bar{\sigma}^{(1-m)/(1+m)}}{(\alpha_\sigma \bar{\sigma}) \frac{n(1-m)}{(1+m)} (1 - (\bar{\sigma} - \frac{1}{\alpha_\sigma}))}} \quad \text{при } \bar{\sigma} \leq 1, \quad (8)$$

$$K_\epsilon = \frac{\alpha_\sigma^{2/(1+m)}}{(\alpha_\sigma \bar{\sigma}) \frac{n(1-m)}{(1+m)} (1 - (\bar{\sigma} - \frac{1}{\alpha_\sigma}))}} \quad \text{при } \bar{\sigma} \geq 1,$$

где $\bar{\sigma} = \sigma/\sigma_{\text{нц}}$; $\sigma_{\text{нц}}$ – предел пропорциональности материала; m – характеристика упрочнения материала ($\sigma = e^m$); n – постоянная, определяемая из расчета или эксперимента (для большой группы материалов $n = 0,5$).

Для k -го полуцикла нагружения коэффициенты концентрации K_s и K_ϵ вычисляют по уравнениям (8) при замене в них величины m на характеристики упрочнения диаграмм малоциклового нагружения m -к, а величин номинальных напряжений $\bar{\sigma}$ на $\bar{S}^{(k)}$.

На рис. 5 представлена стабилизированная диаграмма циклического упругопластического деформирования исследованной в работе [2] трубной стали 17Г1С (1) и ее аппроксимация (2). При этом $S_{\text{нц}} = 46,5$ кгс/мм² (465 МПа), $\epsilon_{\text{нц}} = 226 \cdot 10^{-6}$, $m = 0,3$. Кривая 3 представляет диаграмму циклического деформирования, построенную в соответствии с рекомендацией норм [8] путем удвоения статической диаграммы.

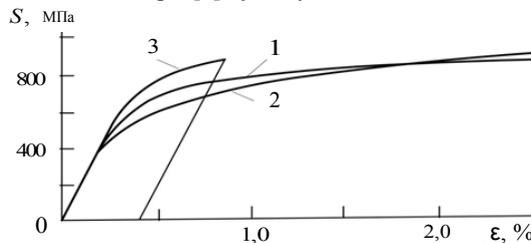


Рис. 5. Стабилизированная диаграмма циклического упругопластического деформирования трубной стали 17Г1С (кривая 1); ее аппроксимация (кривая 2); диаграмма, построенная в соответствии с рекомендацией норм [8] путем удвоения статической диаграммы (кривая 3)



Механические свойства исследованных образцов стали 17Г1С близки средним значениям свойств сталей, используемых при изготовлении труб [9]. На основе зависимостей (7) и (8), а также диаграмм циклического упругопластического деформирования получаем значения упругопластических деформаций ϵ , σ^* , K_ϵ (табл. 2) в зонах наибольшей концентрации напряжений для труб, исследованных в работе [2].

Таблица 2

Упругопластические деформации в реальных сварных соединениях труб

| Номер трубы | e_n % | α^* | K_ϵ , уравнение (7) | K_ϵ , уравнение (8) | ϵ % |
|-------------|------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| I | 0,11 | 8,0 | 16,0 | 13,3 | 1,53 |
| II | 0,11 | 4,7 | 6,8 | 6,04 | 0,68 |
| III | 0,11 | 4,1 | 5,3 | 4,92 | 0,57 |
| IV | 0,11 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 0,23 |

Примечание: e_n – интенсивность номинальных деформаций в безмоментной зоне, K_ϵ – упругопластический коэффициент концентрации деформаций

Из табл. 2 видно, что коэффициенты концентрации деформаций за пределом упругости существенно возрастают по сравнению с α^* , а циклические упругопластические деформации для труб реальной конфигурации достигают величин порядка 1,5 %. Следует отметить, что модифицированный вариант зависимости Нейбера не дает существенного отличия от уравнения (7) при $\alpha^*=3,5 - 4$ и заметно снижает расчетные значения упругопластических деформаций при больших α^* .

Вывод:

В связи с высокими градиентами деформаций в зоне концентрации и наличием окружающего материала, работающего в упругой области, в районе продольного сварного шва сварных труб наблюдается нагружение, близкое к жесткому. Поэтому оценка циклической долговечности должна быть проведена путем сопоставления величин циклических упругопластических деформаций в максимально нагруженной зоне конструкции с разрушающими для конструкционного материала деформациями, полученными в условиях жесткого нагружения при испытаниях на растяжение – сжатие гладких образцов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусенков, А. П. Прочность при изотермическом и неизотермическом нагружении / А. П. Гусенков. – Москва : Наука, 1979. – 295 с. – Текст : непосредственный.
2. Аистов, А. С. Исследование малоциклового прочностного состояния труб большого диаметра магистральных газо- и нефтепроводов / А. С. Аистов, А. П. Гусенков. – Текст : непосредственный // Машиноведение. – 1975. – № 3. – С. 61–71.
3. Навороцкий, Д. И. Прочность сварных соединений / Д. И. Навороцкий. – Москва ; Ленинград : Машгиз, 1961. – 176 с. – Текст : непосредственный.
4. Макаров, И. И. Концентрация напряжений в сварных стыковых соединениях со смещением кромок / И. И. Макаров, Т. М. Емельянова. – Текст : непосредственный // Остаточные напряжения и прочность сварных соединений / Труды МВТУ. – Москва, 1969. – № 133. – С. 29–41.
5. Аистов, А. С. О расчете напряженного состояния труб высокого давления, имеющих овальность / А. С. Аистов. – Текст : непосредственный // Материалы научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава ГИИВТ (1972–1973 г.). – Горький, 1973. – С. 244–245.



6. СНиП 2.05.06.-85*. Магистральные трубопроводы : строительные нормы и правила : утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 30 марта 1985 г. № 30 : взамен СНиП II-45-75 : дата введения 1986-01-01. – Москва, 1985. – 74 с. – Текст : непосредственный.

7. Махутов, Н. А. Анализ коэффициентов концентрации и полей деформаций / Н. А. Махутов. – Текст : непосредственный // Поля деформаций при малоцикловом нагружении. – Москва, 1979. – С. 141–150.

8. Нормы расчета на прочность элементов реакторов, парогенераторов, сосудов и трубопроводных атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок. – Москва : Металлургия, 1973. – 408 с. – Текст : непосредственный.

9. Иванцов, О. М. Надежность магистральных нефтепроводов / О. М. Иванцов, В. И. Харитонов. – Москва : Недра, 1978. – 166 с. – Текст : непосредственный.

AISTOV Anatoly Sergeevich, candidate of technical sciences, professor of the chair of general physics and theoretical mechanics; SHTENBERG Valeria Borisovna, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the chair of general physics and theoretical mechanics

STRESS CONCENTRATION AT LOW-CYCLE LOADS IN PIPES OF LARGE DIAMETERS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

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

Tel.: +7 (831) 430-55-02; e-mail: oftm@nngasu.ru

Key words: fatigue crack life, elasto-plastic deformation, rigid loading, low-cycle destruction.

The article evaluates the influence of the form of weld seams of main pipes on concentration of stresses depending on technological conditions of formation of longitudinal weld seams. Theoretical and experimental data of the maximum factors of stress concentration taking into account real deviations of geometry of pipes from the correct cylindrical form are presented.

REFERENCES

1. Gusenkov A. P. Prochnost pri izotermicheskom i neizotermicheskom nagruzenii. [Strength under isothermal and non-isothermal loading] Moscow : Nauka, 1979, 295 p.

2. Aistov A. S., Gusenkov A. P. Issledovanie malotsiklovoy prochnosti trub bolshogo diametra magistralnykh gazo- i nefteprovodov [Investigation of low-cycle strength of large diameter pipes of main gas and oil pipelines]. Mashinovedenie [Engineering science], 1975, № 3. P. 61–71.

3. Navorotsky D. I. Prochnost svarnykh soedineniy [Strength of welded joints]. Moscow; Leningrad: Mashgiz, 1961, 176 p.

4. Makarov I. I., Emelyanova T. M. Kонтсentratsiya napryazheniy v svarnykh stykovykh soedineniyakh so smescheniem kromok [Stress concentration in welded butt joints with offset edges]. Ostatochnye napryazheniya i prochnost svarnykh soedineniy [Residual stresses and strength of welded joints]. Trudy MVTU, Moscow: 1969. № 133. P. 29-41.

5. Aistov A. S. O raschyote napryazhyonnogo sostoyaniya trub vysokogo davleniya, imeyuschikh ovalnost [On calculation of stress state of high-pressure pipes having ovality] Materialy nauchno-tehnicheskoy konf. prof.-prepod. sostava GIIVT (1972–1973 g.). Gorky, 1973. P. 244–245.

6. SNiP 2.05.06.-85*. Magistralnye truboprovody [Main pipeline]: stroitelnye normy i pravila : utverzhdeny postanovleniem Gosudarstvennogo stroitel'nogo komiteta SSSR ot 30 marta 1985 goda № 30 : vzamen SNiP II-45-75 : data vvedeniya 1986-01-01. Moscow: 1985, 74 p.



7. Makhutov N. A. Analiz koeffitsientov kontsentratsii i poley deformatsiy [Analysis of concentration coefficients and deformation fields]. Polyа deformatsiy pri malotsiklovom nagruzhении [The field of deformation under low-cycle loading]. Moscow, 1979. P. 141–150.

8. Normy raschyota na prochnost elementov reaktorov, parogeneratorov, sosudov i truboprovodnykh atomnykh elektrostantsiy, opytnykh i issledovatel'skikh yadernykh reaktorov i ustanovok [Norms of calculation for strength of elements of reactors, steam generators, vessels and pipelines of nuclear power plants, experimental and research nuclear reactors and installations]. Moscow: Metallurgiya. 1973, 408 p.

9. Ivantsov O. M., Kharitonov V. I. Nadyozhnost magistralnykh nefteprovodov [Reliability of oil trunk pipelines]. Moscow: Nedra, 1978, 166 p.

© А. С. Аистов, В. Б. Штенберг, 2020

Получено: 07.12.2019 г.

УДК 725.381.3

А. Э. ГУНДЕРЧУК, магистрант кафедры теории сооружений и технической механики; **В. И. КОСТИН**, канд. техн. наук, доц. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений; **С. В. СОБОЛЬ**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой гидротехнических и транспортных сооружений

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ АВТОПАРКОВКА ШАХТНОГО ТИПА ДЛЯ НАГОРНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА НИЖНЕГО НОВГОРОДА

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

Ключевые слова: урбанизация, город, плотная застройка, подземное пространство, автопарковка, шахтный тип.

Обоснована целесообразность проектирования и строительства автопарковок шахтного типа в условиях плотной городской застройки на примере нагорной части г. Нижнего Новгорода.

Введение. Принято считать, что урбанизация – это объективный естественный процесс, общемировой тренд. По примеру зарубежных, российские города тянутся ввысь [1, 2]. В центральной нагорной части г. Нижнего Новгорода, где среди исторической малоэтажной застройки возводят высотные жилые дома и торговые центры современной архитектуры, куда приезжают трудиться и стекаются отдыхать горожане, уже давно тесно от легковых автомобилей (табл. 1).

Таблица 1

**Уровень автомобилизации в г. Нижнем Новгороде
(по данным ГИБДД)**

| Дата | Количество автомобилей на 1000 жителей |
|---------------------------------|--|
| На 1 января 2005 года | 233 |
| На 1 января 2010 года | 320 |
| На 1 января 2020 года (прогноз) | 470 |
| На 1 января 2030 года (прогноз) | 510 |

Индивидуальный автотранспорт составляет большую часть всего автомобильного парка г. Нижнего Новгорода, как и в других крупных городах, а эксплуатируется не более 400–500 часов в году. На один легковой автомобиль требуется выделять 20–25 м² площади для его постоянного хранения по месту жительства владельца и столько же для временной стоянки по месту назначения поездки. Свободных участков земли в центре города нет. Пришло время использовать подземное пространство [3].

Типы подземных автопарковок. Внеуличные подземные автопарковки занимают ограниченные площади и освобождают территорию для значимых зданий и сооружений, зеленых насаждений и создания в целом комфортной среды обитания [3, 4]. Выбор типа подземной автопарковки определяется конкретными градостроительными и транспортными условиями, обязательно с учетом экономических соображений. Сравнение известных типов подземных автопарковок приведено в табл. 2. Некоторые типы показаны на рис. 1, 2.

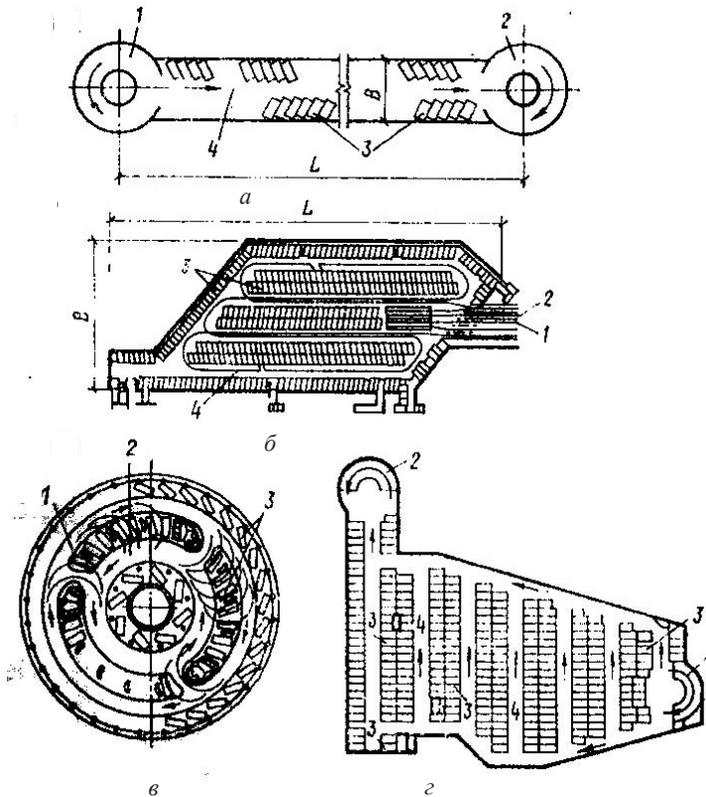


Рис. 1. План подземных ярусов автопарковок «линейного» типа (а), «зального типа» (б), круговой формы (е) и сложной конфигурации (z): 1 – въездная рампа, 2 – выездная рампа, 3 – стоянка, 4 – проезды [3]

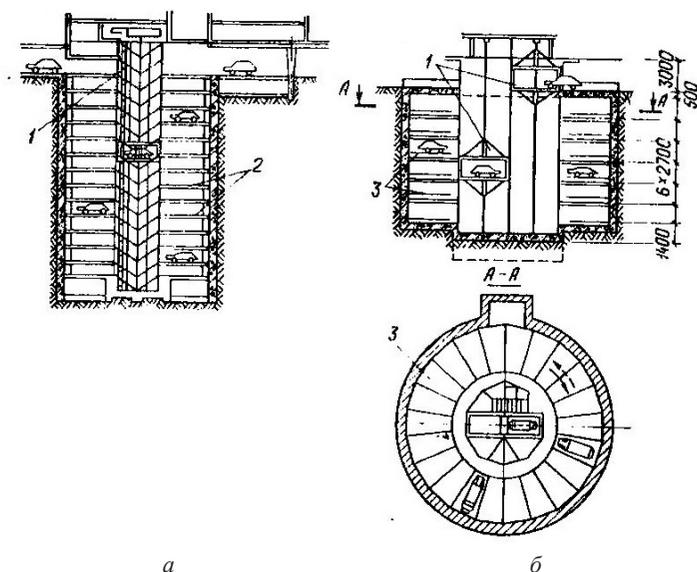


Рис. 2. Механизированные подземные автопарковки: *а* – с подвижными тележками; *б* – с поворотными платформами: 1 – лифтовые подъемники; 2 – тележки; 3 – платформы [3]

В местах с высокой ценой за стоянку, где гарантируется спрос для покрытия расходов на проект, строятся автоматизированные парковки [4, 5].

Автоматизированная парковка шахтного типа фирмы “*Herrennecht*” GmbH («Херренкнехт» АГ) [5], размещенная, например, под одной из основных площадей г. Нижнего Новгорода – площадью Максима Горького (рис. 3) – позволит обеспечить сохранность подземных коммуникаций, дорожных покрытий и зеленых насаждений, бесперебойное движение наземного транспорта, сохранит комфортные условия для жителей города, чистоту и порядок на площади в период строительства комплекса. Потребуется только отвод незначительной территории под строительство шахты на непродолжительное время, соразмерное, например, с продолжительностью ремонта дорожного покрытия.

В России пока не построено ни одной автоматической парковки шахтного типа, а в городах Западной Европы накоплен уже значительный опыт возведения и эксплуатации подобных сооружений [4, 5]. Парковка в г. Нижнем Новгороде может стать пионерной в нашей стране.

Технология фирмы «Херренкнехт АГ». Фирмой “*Herrennecht*” GmbH («Херренкнехт АГ») создана новая установка для механизированной проходки вертикальных стволов парковок шахтного типа диаметром до 30 м [5], применяемая в широком диапазоне инженерно-геологических и гидрогеологических условий – от слабых, неустойчивых до крепких скальных грунтов. Предусмотрено использование водонепроницаемых железобетонных блоков обделки шахтного ствола с активным гидропригрузом забоя в целях исключения прорыва в шахту воды и обводненной грунтовой массы.

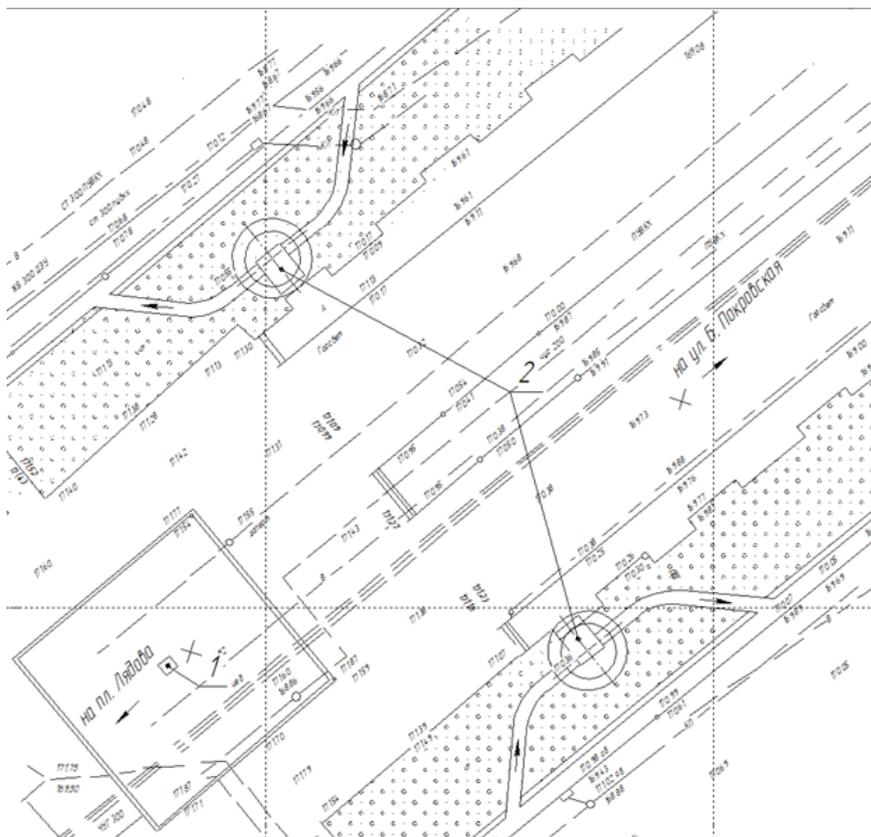


Рис. 3. Фрагмент генерального плана площади Максима Горького в г. Нижнем Новгороде с двумя автопарковками шахтного типа: 1 – памятник Максиму Горькому; 2 – въезды и выезды парковок шахтного типа

За основу конструкции новой машины был взят стволопроходческий комплекс *VSM (Vertical Shaft Sinking Machine)*, успешно работающий на объектах строительства Московского метрополитена. Специалистами «СМУ–19 Метростроя» за последние годы выполнены работы по проходке вентиляционных и технологических шахт диаметром 6,0 и 8,5 м, а «Моспромжелезобетон» изготавливал для «Трансинжстроя» железобетонные блоки для установки *VSM-8500* диаметром 8,5 м. В г. Санкт-Петербург фирма «Херренкнехт АГ» поставила стволопроходческий комплекс для проходки в инженерно-геологических и гидрогеологических условиях, которые характеризуются перемешанным залеганием пластов песка, глины и валунов при наличии нескольких водоносных горизонтов, вентиляционной шахты метрополитена диаметром 7,7 м и глубиной 85,0 м.

Сегодня фирма имеет реальную возможность поставки в г. Нижний Новгород стволопроходческого комплекса (СПК) – *VSM (Vertical Shaft Sinking Machine)* диаметром от 12,0 до 18,0 метров, глубиной проходки ствола до 85,0 метров.

Состав сооружений первой автопарковки шахтного типа в нагорной части г. Нижнего Новгорода. В комплекс сооружений под площадь Максима Горького включены две автоматизированные подземные парковки шахтного типа на $90 \times 2 = 180$ автомобильных мест (см. рис. 3). Их размещение принято с учетом движения транспортного потока легковых автомобилей в двух направлениях:

1) к центру города – к пл. Минина и Пожарского и пл. Свободы и 2) от центра – к пл. Лядова и в заречную часть города.

Каждая из двух парковок включает в себя вертикальную шахту под землей с центральной автоматизированной лифтовой системой для транспортировки и хранения автомобилей в индивидуальных отсеках; наземный павильон, разделенный на зону приема транспортных средств с автоматической наземной приемной станцией и блок инженерного оборудования, которые размещены непосредственно над шахтой на территории парковки (рис. 4).

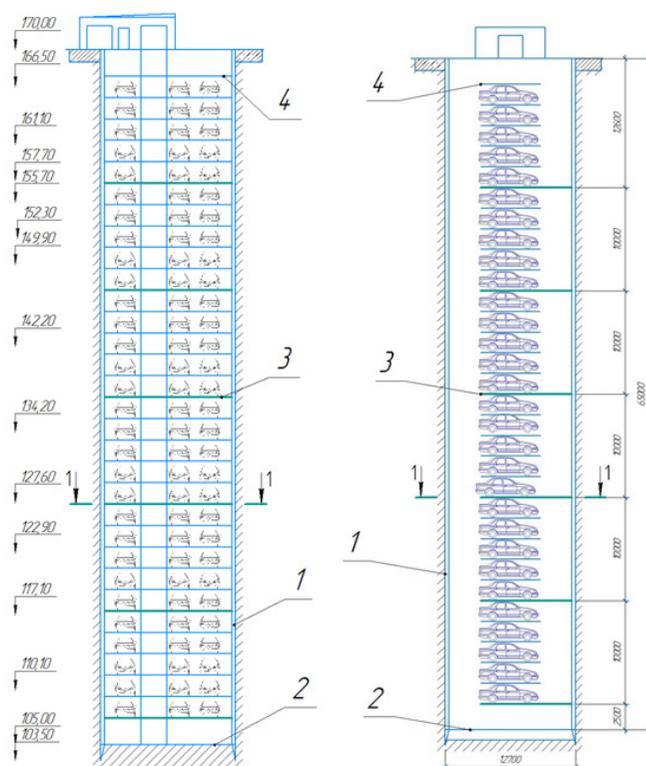


Рис. 4. Компоновка автоматизированной подземной парковки шахтного типа: 1 – тубинговый сегмент толщиной 350 мм; 2 – плита основания шахты толщиной 1,5 м (пол); 3 – техническая площадка; 4 – технический этаж (разрез 1–1 см. на рис. 5)

На участке имеется сеть подземных коммуникаций. Рельеф местности имеет уклон в направлении к площади Минина и Пожарского, отметки поверхности существующего рельефа изменяются от 171,50 до 169,80 м Бс. Отметки пола наземных сооружений парковок – 170,00 м. Въезды и выезды парковок организованы каждый шириной 3 метра под углом 45° к проезжей части площади. Водоотвод предполагается поверхностным водостоком в направлении существующей системы ливневой канализации. Освещение территории сквера обеспечивается муниципальными службами. Проведения противокарстовых и других специальных мероприятий по инженерной подготовке территории земельного участка не требуется [6].

Площадь строительной площадки составляет 1,36 га. Площадь застройки земельного участка – 116,96 м². Процент застройки – 22,98 %.

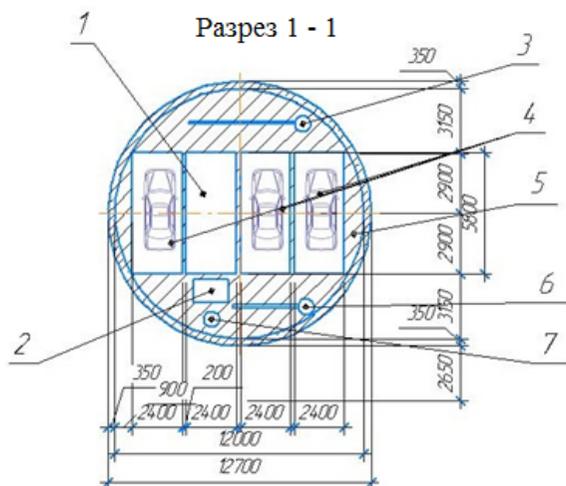


Рис. 5. Схема размещения парковочных паллет, инженерных систем и коммуникаций в шахтном стволе подземной автопарковки: 1 – вертикальный конвейер; 2 – служебный лифт; 3 – линия подачи воздуха; 4 – три парковочных места на уровень; 5 – техническая площадка; 6 – вентиляционный канал; 7 – вертикальная лестница

Основные параметры парковки. Соответственно габаритам эталонных легковых автомобилей [7] приняты плановые размеры транспортной платформы – парковочной паллеты 5800×2400 мм и высота мест хранения автомобилей 2000 мм. Парковочная паллета оборудуется устройствами безопасности: зеркалом; датчиками определения положения задней и передней частей автомобиля; направляющей, которая исключает вибрацию парковочной паллеты при движении.

Размер в плане наземного приемного бокса автомобилей 6400×3600 мм, высота 3000 мм; размеры ворот для въезда и выезда: ширина 2400 мм, высота 2200 мм.

Внутренний диаметр шахтного ствола принят равным 12,0 м, что позволяет обеспечить размещение на одном уровне 3 парковочных мест и транспортной платформы. При этом предусмотрено достаточное пространство для размещения внутренних инженерных коммуникаций и систем обслуживания шахты для нормальной эксплуатации сооружения. Схема размещения в плане парковочных паллет в шахтном стволе, инженерных систем и коммуникаций автопарковки представлена на рис. 5.

Глубина внутри цилиндрического корпуса вертикальной парковочной шахты 65,0 м (см. рис. 4), в том числе: цоколь высотой 2,5 м; парковочные уровни $30 \times 2,0 \text{ м} = 60,0 \text{ м}$; нижний технический уровень высотой 2,5 м. Предусмотрено три парковочных места на уровень. Одна шахта рассчитана на $30 \times 3 = 90$ автомобильных мест.

Обделка ствола шахты выполняется из железобетонных колец со встроенной металлоизоляцией. Каждое кольцо высотой 1 м состоит из 3 сегментов весом по 11 316 кг. Сегменты соединяются друг с другом при помощи болтов. Для облегчения монтажа по торцу каждого сегмента имеется пластиковый направляющий стержень.

Кольца стягиваются между собой при помощи натяжных шпилек, для обеспечения точного позиционирования служат пластиковые штифты, для которых



предусмотрены углубления на торце кольца. Также через всю конструкцию ствола проходят связи растяжения – резьбовые штанги с гайками, наращиваемые при помощи муфт. Сегменты соединяются друг с другом болтами, которые вкручиваются в пластиковые закладные, установленные в процессе формовки (рис. 6).

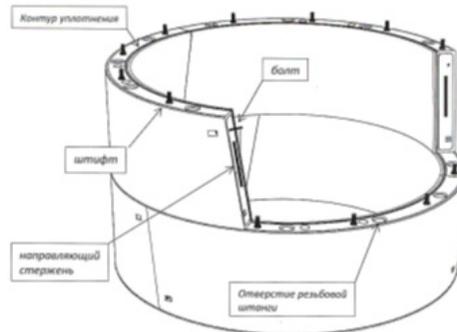


Рис. 6. Схема соединения колец обделки шахтного ствола: внутренний диаметр кольца – 12 м; высота кольца – 1 м; толщина кольца – 350 мм

Инженерные коммуникации и системы обслуживания. Проектом предусмотрены: электроснабжение, водоснабжение, канализация от городских сетей; в цоколе шахты магазин на 3 паллеты; лифтовое хозяйство (вертикальный конвейер с центральной лифтовой системой для автомобилей, служебный лифт, лестница и горизонтальные обслуживающие площадки через 10,0 м по высоте); вентиляция приточно-вытяжная; водоотводящая сеть; телекоммуникации и связь; противопожарная система (противопожарная сигнализация, автоматическая спринкерная система пожаротушения, аварийная система дымоудаления); пункт централизованного технического управления; контрольно-кассовые аппараты и оборудование.

Парковочный процесс предполагает, что после заезда в зону приема транспортного средства водитель выходит к платежному терминалу. Ворота безопасности блокируют зону приема автомобиля, а автомобиль на лифтовом механизме подается на определенное парковочное место. Таким же образом машина возвращается на исходную позицию. Лифт движется со скоростью 35 м/мин.

Экономические показатели. Сметная стоимость строительства автоматизированной автопарковки из 2 шахт в ценах на 01.01.2019 г. с учетом налога на добавленную стоимость 20 % определена в 351 535,69 тыс. руб., в том числе: строительные работы – 155 024,24 тыс. руб.; монтажные работы – 9 280,30 тыс. руб.; оборудование, мебель и инвентарь – 36 565,00 тыс. руб.; прочие затраты – 150 666,15 тыс. руб. Стоимость одного парковочного места – 1 850,19 тыс. руб.

Стоимость оплаты за парковку – 100 руб. в час. Коэффициент заполнения парковки – 0,8 в сутки. Доход – 126 144 000 руб. в год. Эксплуатационные издержки – 36 000 000 руб. в год.

Срок окупаемости инвестиций в строительство – 3,9 года (47,1 месяца).

Таблица 2

Сравнение типов подземных автопарковок

| Тип и вид | Способ строительства | Достоинства | Недостатки |
|---|---|--|--|
| Линейный «Зальный» Круговая форма Сложная конфигурация | Открытый способ | Строительно-монтажные работы выполняются в одном котловане. Большая вместимость, может иметь значительные размеры с несколькими въездными и выездными рампами | Необходимы выделение на период строительства свободной территории больших размеров, ликвидация и перекладка существующих подземных коммуникаций В период строительства парковки и рекультивации территории усложняется дорожное движение, условия жизни и перемещения людей. Возможность последующего увеличения вместимости парковки практически исключается |
| Линейный гаражный тоннель | Проходка тоннеля щитовым способом | Может иметь значительные размеры с несколькими въездными и выездными рампами. Обеспечивается сохранение целостности грунтового массива, подземных коммуникаций, дорожных покрытий, зеленых насаждений, не нарушается движение городского транспорта в период строительства | Необходимо приобретение дорогостоящих специальных тоннелепроходческих комплексов, сооружение вентиляционных и коммуникационных шахт через каждые 100–150 м по длине тоннеля |
| Шахтная автоматизированная | Может сооружаться с применением различных технологий и оборудования. Для устройства шахт в России применяются методы «стена в грунте» или «опускного колодца» | Размещаются в районах плотной городской застройки с исторически сложившейся городской инфраструктурой, где высокая цена за землю и парковку | Сложная технология производства работ, жесткие требования по диапазону инженерно-геологических и гидрогеологических условий |
| Шахтная автоматизированная фирма “Herrenknecht” GmbH («Херренкнехт АГ») | Механизированное сооружение вертикального шахтного ствола | Строятся в районах плотной городской застройки с исторически сложившейся городской инфраструктурой, где высокая цена за землю и парковку | Необходимо приобретение дорогостоящего стволепроходческого комплекса VSM фирмы “Herrenknecht” GmbH («Херренкнехт АГ») |



Заключение. Подземные парковки шахтного типа в условиях застроенной нагорной территории г. Нижнего Новгорода представляются единственным реальным решением автопарковочной сети в этой части города.

Пример с автопарковкой под площадью Максима Горького показывает, что она не нанесет вреда городской инфраструктуре и может окупиться примерно за 4 года.

При массовом внедрении автоматических подземных парковок шахтного типа может быть применена поточная схема их проектирования и строительства, что позволит минимизировать затраты и время на реализацию программы обеспечения хранения автомобилей в местах размещения деловых, развлекательных, торговых и других центров активной деятельности жителей г. Нижнего Новгорода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генералов, В. П. Строительство высотных зданий – одно из направлений создания современной, компактной городской среды / В. П. Генералов, Е. М. Генералова. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2017. – № 20. – С. 81–85.
2. Генералова, Е. М. Вертикальные торговые центры / Е. М. Генералова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 3. – С. 125–130.
3. Маковский, Л. В. Городские подземные транспортные сооружения / Л. В. Маковский – Москва : Стройиздат, 1979. – 472 с. – Текст : непосредственный.
4. Абрамчук, В. П. Подземные сооружения / В. П. Абрамчук, С. Н. Власов, В. М. Мостков. – Москва : ТА Инжиниринг, 2005. – 464 с. – Текст : непосредственный.
5. Освоение подземного пространства городов: преодоление сложных геологических и градостроительных условий : тезисы докладов и сообщений : международная научно-техническая конференция. – Москва : Метро и тоннели, 2007. – 286 с. – Текст : непосредственный.
6. Подземный город : геотехнология и архитектура : труды международной конференции / Тоннельная ассоциация России ; Российский национальный комитет по механике грунтов и фундаментостроению. – Санкт-Петербург : [б. и.], 1998. – 547 с. – Текст : непосредственный.
7. Голубев, Г. Е. Тенденции развития системы автомобильных стоянок и гаражей легковых автомобилей / Г. Е. Голубев. – Текст : непосредственный // Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций = Problems of transport and engineering communications development : проектирование, строительство, эксплуатация : научно-технический альманах : приложение к журналу «Подземное пространство мира». – Москва, 1997. – № 3. – С. 64.

GUNDERCHUK Anton Eduardovich, undergraduate student of the chair of theory of structures and technical mechanics; KOSTIN Valery Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of hydraulic engineering and transport structures; SOBOL Stanislav Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of hydraulic engineering and transport structures

AUTOMATED MINE-TYPE PARKING FOR THE MOUNTAINOUS PART OF NIZHNY NOVGOROD



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, marcinho25@list.ru
Key words: urbanization, city, compact planning, underground space, parking, mine type.

The expediency of design and construction of mine-type car parking lots in conditions of dense urban development is substantiated by the example of the mountainous part of Nizhny Novgorod.

REFERENCES

1. Generalov V. P., Generalova E. M. Stroitelstvo vysotnykh zdaniy – odno iz napravleniy sozdaniya sovremennoy, kompaktnoy gorodskoy sredy [Construction of high-rise buildings – one of the directions of creation of modern, compact urban environment] / Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk [Bulletin of the Volga regional branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 2017. № 20. P. 81–85.
2. Generalova E. M. Vertikalnye trgovyye tsentry [Vertical shopping centres] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2019. № 3. P. 125–130.
3. Makovsky L. V. Gorodskie podzemnyye transportnyye sooruzheniya [Urban underground transport facilities] / Moscow: Stroyizdat, 1979, 472 p.
4. Abramchuk V. P., Vlasov S. N., Mostkov V. M. Podzemnyye sooruzheniya [Underground structures]. Moscow: TA Enzhiniring, 2005, 464 p.
5. Osvoenie podzemnogo prostranstva gorodov: preodolenie slozhnykh geologicheskikh i gradostroitelnykh usloviy [Development of the underground space of cities: overcoming complex geological and urban conditions]. Tezisy dokladov i soobscheniy: mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya [Proceedings of the international scientific and technical conference]. Moscow: Metro and tunnels, 2007, 286 p.
6. Podzemnyy gorod : geotekhnologiya i arkhitektura [The underground city: Geotechnology and architecture]. Proceedings of the international conference. Tonnelnaya assotsiatsiya Rossii; Rossiyskiy natsionalny komitet po mekhanike gruntov i fundamentostroeniyu. – Saint Petersburg: 1998, 547 p.
7. Golubev G. E. Tendentsii razvitiya sistemy avtomobilnykh stoyanok i garazhey legkovykh avtomobiley [Trends in the development of the system of car parking and garages of passenger cars]. Problemy razvitiya transportnykh i inzhenernykh kommunikatsiy [Problems of development of transport and engineering communications]: proektirovanie, stroitelstvo, ekspluatatsiya : nauchno-tekhnicheskii almanakh : prilozhenie k zhurnalu “Podzemnoe prostranstvo mira”. Moscow, 1997. № 3. P. 64.

© А. Э. Гундерчук, В. И. Костин, С. В. Соболев, 2020

Получено: 27.12.2019 г.



УДК 69.059:621.51

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

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦИИ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ФУНДАМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

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: трубопровод, опорные элементы, деформации, повреждения, фундаменты, грунтовое основание, осадка.

Приведены результаты исследований причин деформаций и повреждений опорных конструкций фундаментов технологических трубопроводов компрессорной станции.

Работа компрессорных станций (КС), располагающихся через каждые 100–150 км магистральных газопроводов, обеспечивается цеховыми коллекторами, состоящими из технологических трубопроводов с запорно-регулирующей арматурой, с установками подготовки пускового, топливного и импульсного газа, с системой электроснабжения и другим специальным оборудованием [1, 2]. Цеховые коллекторы предназначены для транспортировки газа в пределах промплощадок КС и для выполнения основных технологических процессов, таких как: очистка газа от механических и жидких примесей, охлаждение, компримирование с давлением входа в КС до давления на выходе, измерение давления, редуцирование и т. д.

Объектом выполненных исследований являлись подземные трубопроводы (линии «А» и «Б») цеховых коллекторов с П-образными компенсаторами температурных деформаций, выполненные из стальных труб диаметром 1420 мм, с надземными ответвлениями (врезками) входных и выходных трубопроводов диаметром 1020 мм (рис. 1, 2).

Трубы диаметром 1420 мм, проложенные в траншеях под землей, опираются на компактные сборные железобетонные фундаменты индивидуального изготовления марки «Фм1» с размерами в плане 1500×1500 мм, толщиной 400 мм из бетона В20, F150, W6, армированные нижней сеткой из арматуры Ø12A400 с шагом 145×145 мм (рис. 1). Нагрузка на фундаменты «Фм1» через уплотненную подготовку из щебня передается на малосжимаемые грунты с очень высокими значениями модулей деформации при сжатии (рис. 4–6 цв. вклейки). На основании только этого можно было предположить, что осадки фундаментов, а также трубопроводов, лежащих непосредственно на грунте, будут незначительными. Вместе с тем при производстве работ в осенне-зимний период следует учитывать, что коренные глины твердые (ИГЭ-12) относятся к средненабухающим при насыщении поверхностной водой, а пески пылеватые (ИГЭ-6) – к среднепучинистым при промерзании.

Надземные входные и выходныe трубопроводы цеховых коллекторов опираются на:

1) металлические балки, выполненные из двутавра I40Б2, опорами для которых служат свайные фундаменты Pс1.1–Pс1.4, состоящие из двух 8-метровых забивных свай-стоек сечением 300×300 мм с компактными монолитными бетон-



ными ростверками-наголовниками с металлическими закладными деталями, выполненными на каждой из свай;

2) монолитные железобетонные ростверки фундаментов Рсм1.1–Рсм1.4, выполненные в виде балок из бетона класса В20, опирающихся на забивные железобетонные 9-метровые сваи-стойки сечением 300×300 мм.

Следует отметить, что забивные призматические сваи погружались до проектных отметок в **твердые малосжимаемые коренные глины** (ИГЭ-12) с предварительным бурением лидерных скважин. В этом случае сваи, заглубленные и опирающиеся нижним концом на твердые глины, работают как сваи-стойки, обладающие высокой несущей способностью, практически не дающие осадки при расчетных нагрузках, не превышающих расчетные нагрузки, допускаемые на сваи [3].

В соответствии с требованиями п. 19.5 [4] после завершения строительства магистральные трубопроводы подвергаются испытаниям на прочность и проверке на герметичность гидравлическим (водой, незамерзающей жидкостью) или пневматическим способом (воздухом, природным газом).

По окончании гидравлических испытаний рассматриваемых трубопроводов были обнаружены (рис. 1, 2 цв. вклейки):

1. Деформации металлических балок, выполненных из двутавра № 40Б2, в виде прогибов величиной: 57 мм (фундамент Рс.1.1); 42 мм (Рс1.2); 45 мм (Рс1.3) и 17 мм (Рс1.4).

2. Повреждения монолитных железобетонных ростверков, проявившиеся в виде трещин с шириной раскрытия в нижней части до: 3–4 мм (фундамент Рсм1.1); 1,5–2 мм (Рсм1.3) и 3–4 мм (Рсм1.4).

3. Чрезмерные от 24 мм до 196 мм просадки фундаментов «Фм1» – опор подземных трубопроводов и самих трубопроводов, опирающихся на грунтовое основание, определенные по результатам геодезической съемки фактического положения верхней образующей труб (рис. 2) – табл. 1, 2.

Таблица 1

Измеренные просадки отдельных участков трубопровода линии «А»

| Номер участка | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| Просадка, мм | 97 | 130 | 24 | 184 | 75 | 54 | 34 | 175 |

Таблица 2

Измеренные просадки отдельных участков трубопровода линии «Б»

| Номер участка | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---------------|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| Просадка, мм | 38 | 196 | 195 | 120 | 80 | 43 | 84 | 84 |

Для выяснения причины деформаций и повреждений опор трубопроводов, произошедших в результате гидравлических испытаний, была создана комиссия из представителей заказчика, проектной и подрядной организаций, результатом работы которой стало заключение о том, что причиной произошедшего является недостаточная несущая способность фундаментов, однако такое решение было оспорено представителями проектной организации.

Для выяснения действительной причины деформации и повреждения опорных конструкций авторами настоящей работы были выполнены исследования, включавшие поверочные расчеты: 1) напряженно-деформированного состояния грунтового основания трубопроводов; 2) несущей способности свайных фундаментов; 3) прочности и жесткости опорных металлических балок и железобетонных ростверков.

**К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА
«ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦИИ И ПОВРЕЖДЕНИЙ
ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ФУНДАМЕНТОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ
КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ»**



Рис. 1. Стальная балка из двутавра I40B2 ростверка «Рс1.1», служащая опорой для входных и выходных трубопроводов. Измеренный прогиб балки 57 мм



Рис. 2. Трещина в железобетонном ростверке «Рсм1.1» – опоре для входных и выходных трубопроводов с шириной раскрытия до 3–4 мм

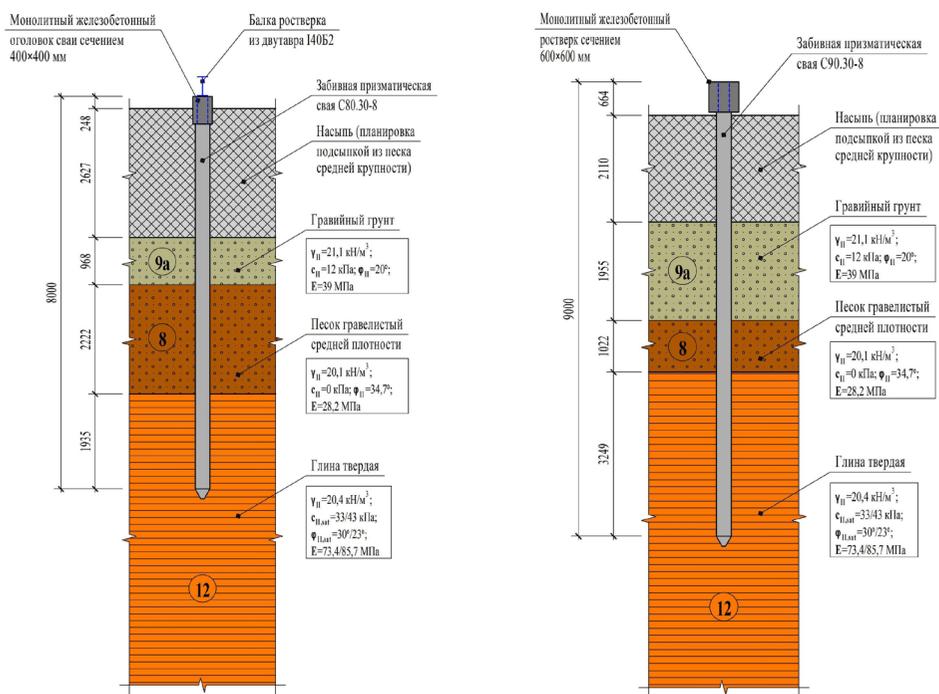


Рис. 3. Расчетные схемы к определению несущей способности забивных призматических свай: а – фундамент «Рс1.1»; б – фундамент «Рсм1.1»

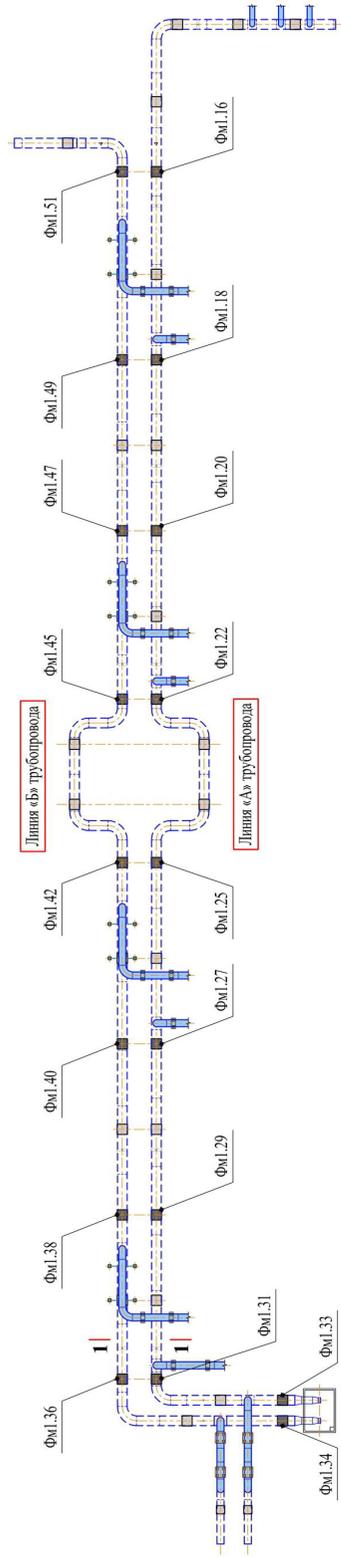


Рис. 4. Схема расположения инженерно-геологических выработок

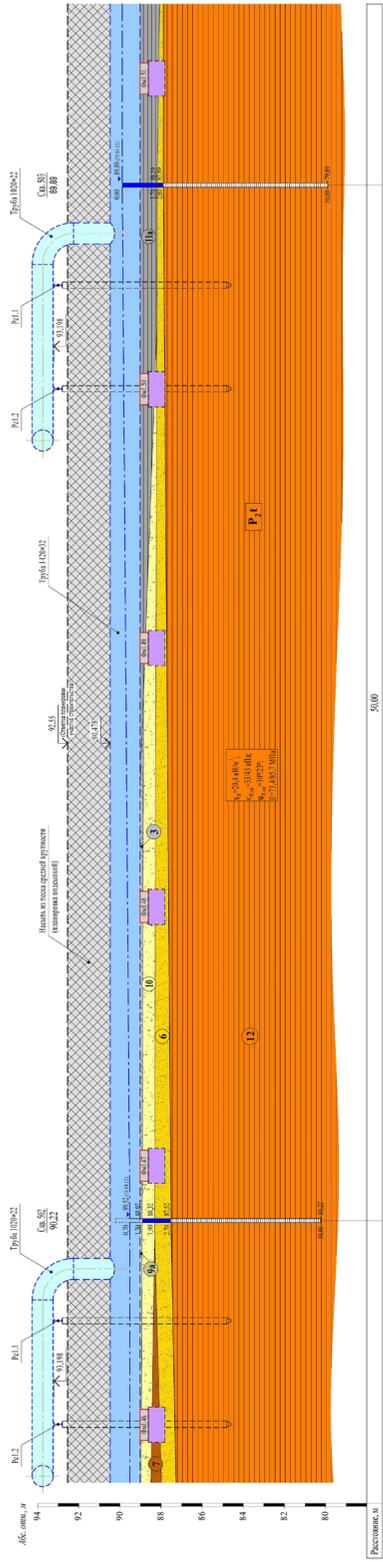


Рис. 5. Инженерно-геологический разрез I-I. Привязка фундаментов опор трубопровода линии «Б» на участке между скважинами 502 и 503 к инженерно-геологическому разрезу (соотношение вертикального и горизонтального масштабов 1:1)

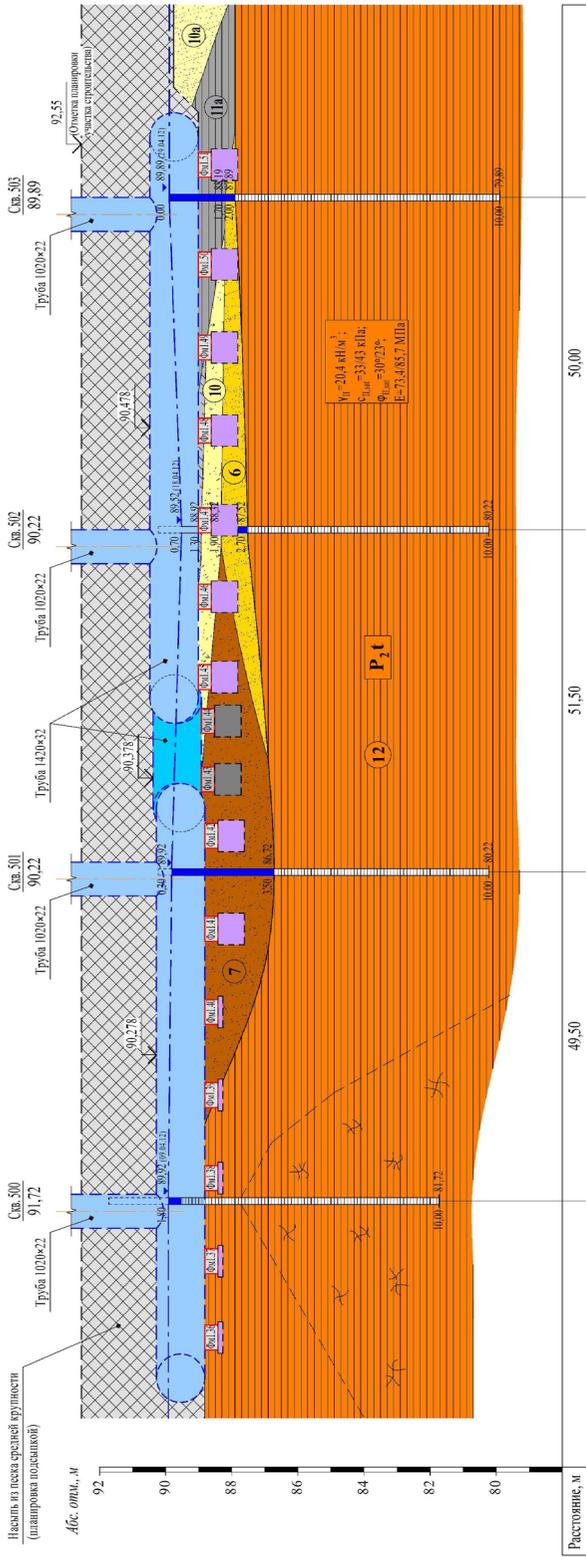


Рис. 6. Инженерно-геологический разрез I-I (линия «Б»). Характеристики физико-механических свойств грунтов инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

- ИГЭ-3: супесь пластичная ($\gamma_{пл} = 20,5$ кН/м³, $c_{II} = 24$ кПа, $\phi_{II} = 23^\circ$, $E = 32,9$ МПа);
- ИГЭ-6: песок пылеватый ($\gamma_{пл} = 20,3$ кН/м³, $c_{II} = 1,5$ кПа, $\phi_{II} = 31^\circ$, $E = 14,9$ МПа);
- ИГЭ-7: песок мелкий ($\gamma_{пл} = 19,0/20,3$ кН/м³, $c_{II} = 1$ кПа, $\phi_{II} = 35^\circ$, $E = 34,2$ МПа);
- ИГЭ-8: песок гравелистый ($\gamma_{пл} = 20,1$ кН/м³, $c_{II} = 0$ кПа, $\phi_{II} = 34,7^\circ$, $E = 28,2$ МПа);
- ИГЭ-9а: гравийный грунт ($\gamma_{пл} = 21,1$ кН/м³, $c_{II} = 12$ кПа, $\phi_{II} = 20^\circ$, $E = 39$ МПа);
- ИГЭ-10: песок средней крупности ($\gamma_{пл} = 19,2$ кН/м³, $c_{II} = 1$ кПа, $\phi_{II} = 36^\circ$, $E = 38$ МПа);
- ИГЭ-10а: песок средней крупности ($\gamma_{пл} = 17,5/19,5$ кН/м³, $c_{II} = 0,5$ кПа, $\phi_{II} = 30^\circ$, $E = 9,3$ МПа);
- ИГЭ-11а: глина тугопластичная ($\gamma_{пл} = 18,9$ кН/м³, $c_{II} = 21$ кПа, $\phi_{II} = 5,4^\circ$, $E = 11,2$ МПа);
- ИГЭ-12: глина твердая ($\gamma_{пл} = 20,4$ кН/м³, $c_{II, sat} = 33$ кПа, $\phi_{II, sat} = 30^\circ$, $E = 73,4$ МПа).

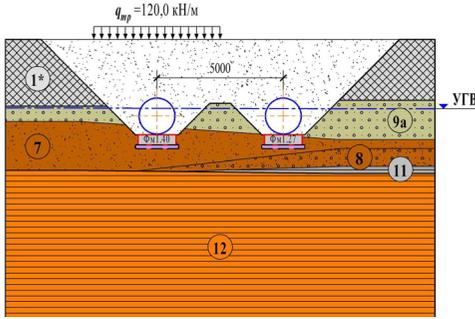


Рис. 7. Схема к расчетам осадки (S) грунтового основания фундаментов Фм1.27 и Фм1.40 ($q_{тр}$ – нагрузка от транспорта)

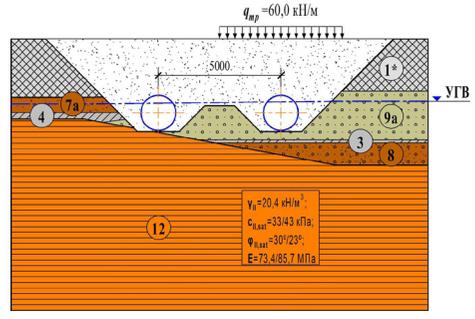


Рис. 10. Схема к расчетам осадки (S) трубопроводов, лежащих на грунтовом основании ($q_{тр}$ – нагрузка от транспорта)

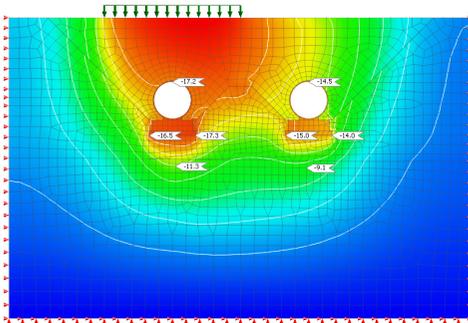


Рис. 8. Изополя вертикальных перемещений (S , мм) грунтового основания фундаментов Фм1.27 и Фм1.40 от действия расчетных нагрузок на стадии эксплуатации газопроводов

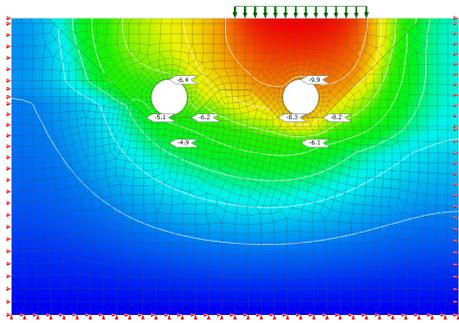


Рис. 11. Изополя вертикальных перемещений (S , мм) грунтового основания трубопроводов от действия расчетных нагрузок на стадии эксплуатации газопроводов

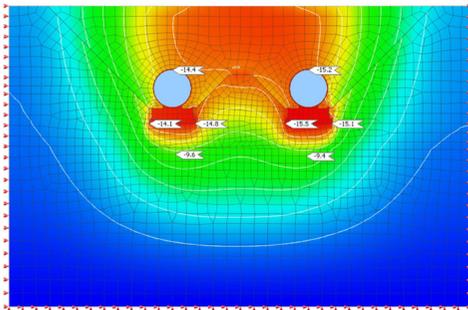


Рис. 9. Изополя вертикальных перемещений (S , мм) грунтового основания фундаментов Фм1.27 и Фм1.40 от действия расчетных нагрузок в период проведения гидравлических испытаний

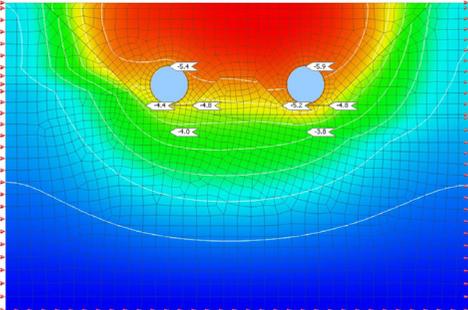


Рис. 12. Изополя вертикальных перемещений (S , мм) грунтового основания трубопроводов от действия расчетных нагрузок в период проведения гидравлических испытаний

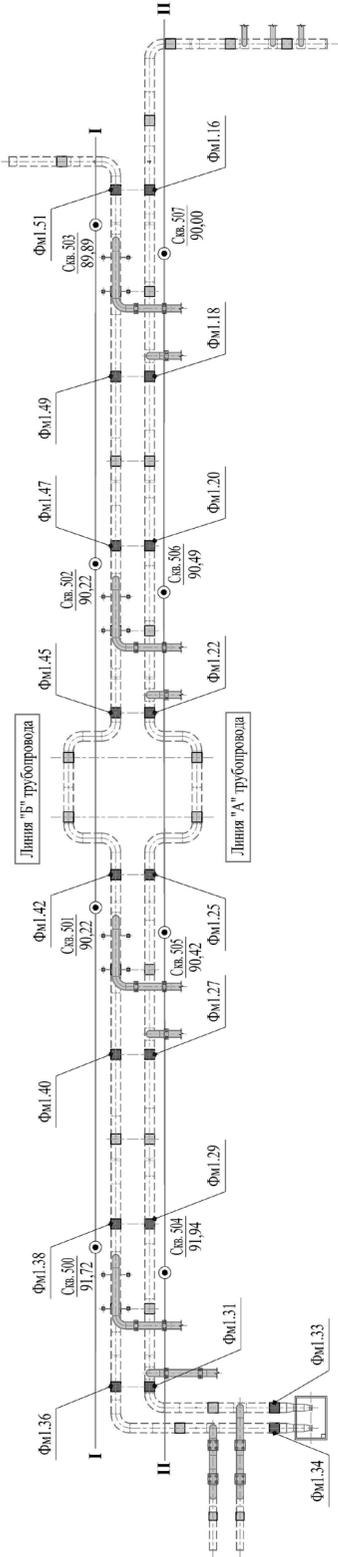


Рис. 1. Схема расположения фундаментов «Фм1» трубопроводов цеховых коллекторов, опирающихся на естественное грунтовое основание

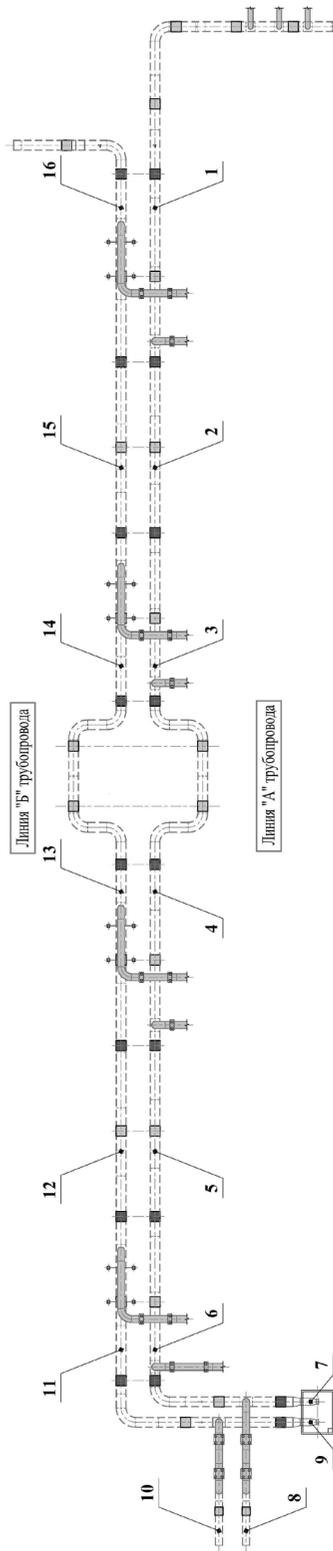


Рис. 2. Схема расположения точек геодезической съемки положения цеховых коллекторов после гидравлических испытаний (подземные трубопроводы из стальных труб диаметром 1420 мм показаны пунктирной линией)



Исследования напряженно-деформированного состояния грунтового основания фундаментов марки «Фм1» и трубопроводов, лежащих на грунте, были выполнены в программном комплексе «MIDAS GTS NX» с использованием двух расчетных схем (рис. 7–12 цв. вклейки):

Расчетная схема 1. Учитывались нагрузки, соответствующие стадии эксплуатации газопровода.

Расчетная схема 2. Учитывались нагрузки, соответствующие стадии проведения гидравлических испытаний трубопроводов.

В выполненных расчетах учитывался вес [5]: 1) фундаментов «Фм1»; 2) трубопровода диаметром 1420 мм (толщина стенки труб 32 мм) с наружным изоляционным покрытием; 3) входных и выходных трубопроводов обвязки диаметром 1020 мм (толщина стенки труб 22 мм) с арматурой и с наружным изоляционным покрытием; 4) заполняющего трубопровода газа (стадия эксплуатации); 5) заполняющей трубопровод воды (стадия гидравлических испытаний); 6) обратной засыпки траншей; 7) грунта, использованного для планировки участка; 8) автомобильного транспорта, использующегося на стадии эксплуатации КС.

Проверка среднего давления под подошвой фундаментов в расчетных сечениях была выполнена в соответствии с СП [6], в соответствии с которым среднее давление P_{II} под фундаментом «Фм1» и под лежащей на грунте трубой (сечения 1–1, 2–2, рис. 1) не должно превышать расчетное сопротивление грунта основания R :

$$P_{II} \leq R. \quad (1)$$

В результате выполненных расчетов было установлено, что проверка (1) выполняется для всех расчетных сечений, как для стадии эксплуатации, так и для стадии гидравлических испытаний – грунтовое основание под фундаментами «Фм1» оказалось недогруженным на 109–416 %, а под трубами, лежащими на грунте, недогруженным на 196–855 % (табл. 3, 4).

Таблица 3

Результаты проверки среднего давления под фундаментами марки «Фм1»

| Номер | Фундамент | Среднее давление p_{II} , кПа | | Расчетное сопротивление R , кПа |
|-------|-----------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | | стадия эксплуатации | гидравлические испытания | |
| 1 | Фм1.33 | 238,32 | 215,95 | 843,11 |
| 2 | Фм1.34 | 268,18 | 251,60 | 841,31 |
| 3 | Фм1.29 | 306,56 | 271,94 | 703,06 |
| 4 | Фм1.38 | 238,04 | 250,79 | 862,28 |
| 5 | Фм1.25 | 186,65 | 201,84 | 530,94 |
| 6 | Фм1.42 | 222,87 | 203,0 | 706,98 |
| 7 | Фм1.20 | 207,08 | 179,89 | 848,69 |
| 8 | Фм1.47 | 166,24 | 178,05 | 704,71 |
| 9 | Фм1.16 | 238,98 | 207,93 | 832,22 |
| 10 | Фм1.51 | 208,69 | 223,95 | 899,36 |



Таблица 4

Результаты проверки среднего давления под трубами, лежащими на грунтовом основании

| Номер | Фундамент | Среднее давление $p_{\text{ср}}$, кПа | | Расчетное сопротивление R , кПа |
|-------|-----------|--|--------------------------|-----------------------------------|
| | | стадия эксплуатации | гидравлические испытания | |
| 1–1 | «А» | 119,70 | 66,07 | 407,31 |
| | «Б» | 77,74 | 74,29 | 709,52 |
| 2–2 | «А» | 116,57 | 62,59 | 345,35 |
| | «Б» | 70,89 | 62,93 | 260,03 |

Расчетами деформаций грунтового основания было установлено:

1. Расчетные значения осадки « S » грунтового основания под фундаментами «Фм1» значительно меньше величин, измеренных в результате контрольной геодезической съемки, выполненной после гидравлических испытаний трубопроводов: $S = 9,6\text{--}16,9 \text{ мм} < S_{\phi} = 24\text{--}196 \text{ мм}$ (табл. 5).

Таблица 5

Результаты расчетов осадки грунтового основания фундаментов марки «Фм1»

| Номер | Фундамент | Осадка S , мм | |
|-------|-----------|---------------------|--------------------------|
| | | стадия эксплуатации | гидравлические испытания |
| 1 | Фм1.33 | 12,2 | 10,9 |
| 2 | Фм1.34 | 13,5 | 12,2 |
| 3 | Фм1.29 | 16,3 | 13,9 |
| 4 | Фм1.38 | 12,3 | 12,8 |
| 5 | Фм1.25 | 11,2 | 11,8 |
| 6 | Фм1.42 | 13,2 | 11,7 |
| 7 | Фм1.20 | 12,3 | 10,6 |
| 8 | Фм1.47 | 11,1 | 11,5 |
| 9 | Фм1.16 | 12,5 | 10,5 |
| 10 | Фм1.51 | 10,2 | 10,7 |

2. Расчетные значения осадки « S » грунтового основания под трубами, лежащими непосредственно на грунте, также существенно меньше величин, измеренных в результате контрольной геодезической съемки, выполненной после гидравлических испытаний трубопроводов: $S = 5,4\text{--}16,5 \text{ мм} < S_{\phi} = 24\text{--}196 \text{ мм}$ (табл. 6).

Таблица 6

Результаты расчетов осадки грунтового основания под трубой

| Сечение | Трубопровод линии | Осадка S , мм | |
|---------|-------------------|---------------------|--------------------------|
| | | стадия эксплуатации | гидравлические испытания |
| 1-1 | «А» | 9,9 | 5,9 |
| | «Б» | 6,4 | 5,4 |
| 2-2 | «А» | 16,5 | 9,3 |
| | «Б3» | 10,7 | 9,2 |



Поверочные расчеты несущей способности забивных призматических свай были выполнены с использованием трех расчетных схем:

Расчетная схема № 1. Учитывает нагрузки, передающиеся на сваи в условиях промышленной эксплуатации трубопроводов.

Расчетная схема № 2. Учитывает нагрузки, передающиеся на сваи при проведении гидравлических испытаний трубопроводов, при которых просадка фундаментов «Фм1» и трубопроводов не превышает 20 мм.

Расчетная схема № 3. Учитывает нагрузки, передающиеся на сваи при проведении гидравлических испытаний трубопроводов, при которых просадка фундаментов «Фм1» и трубопроводов достигает 200 мм.

Расчетами, выполненными с учетом инженерно-геологических условий участка (рис. 4 и 5 цв. вклейки), было установлено, что расчетные нагрузки, допускаемые на сваи-стойки, в 2–6 раз больше расчетных нагрузок, передающихся на сваи во всех рассмотренных расчетных случаях (табл. 7, 8).

Таблица 7

Расчетные нагрузки, передающиеся на сваю фундамента «Рс1.1»

| Расчетная схема | Расчетные нагрузки N_p , кН | Несущая способность сваи F_{sp} , кН | Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю N_p , кН |
|-----------------|-------------------------------|--|--|
| № 1 | 122,17 | 1091,13 | 649,22 |
| № 2 | 138,34 | | |
| № 3 | 313,91 | | |

Таблица 8

Расчетные нагрузки, передающиеся на сваю фундамента «Рсм1.1»

| Расчетная схема | Расчетные нагрузки N_p , кН | Несущая способность сваи F_{sp} , кН | Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю N_p , кН |
|-----------------|-------------------------------|--|--|
| № 1 | 119,32 | 1185,17 | 705,18 |
| № 2 | 145,72 | | |
| № 3 | 369,60 | | |

Расчеты металлических опорных балок и железобетонных ростверков были выполнены с использованием расчетной схемы в виде однопролетной шарнирно-опертой на сваи балки, нагруженной в середине пролета сосредоточенными вертикальными и горизонтальными силами (рис. 3, 4).

В расчетах балок и ростверков были использованы следующие расчетные схемы:

1. Расчетная схема № 1, учитывающая нагрузки, действующие на балку на стадии нормальной эксплуатации трубопроводов.

2. Расчетная схема № 2, учитывающая нагрузки, действующие на балку при проведении гидравлических испытаний и осадках трубопроводов, не превышающих 20 мм.

3. Расчетная схема № 3, учитывающая нагрузки, передающиеся на балку при гидравлических испытаниях трубопроводов, при которых просадка фундаментов «Фм1» и трубопроводов достигает 200 мм (табл. 9, 10).



Таблица 9

Расчетные нагрузки, передающиеся на металлические балки

| Расчетная схема | Расчетные нагрузки | | | |
|-----------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------|------------|
| | II группа предельных состояний | | I группа предельных состояний | |
| | N_{II} , кН | Q_{II} , кН | N_I , кН | Q_I , кН |
| № 1 | 181,40 | 18,14 | 199,54 | 19,95 |
| № 2 | 210,80 | 18,14 | 231,88 | 19,95 |
| № 3 | 561,94 | 18,14 | 583,02 | 19,95 |

Таблица 10

Расчетные нагрузки, передающиеся на железобетонные балки

| Расчетная схема | Расчетные нагрузки | | | |
|-----------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------|------------|
| | II группа предельных состояний | | I группа предельных состояний | |
| | N_{II} , кН | Q_{II} , кН | N_I , кН | Q_I , кН |
| № 1 | 165,64 | 16,56 | 182,20 | 18,22 |
| № 2 | 213,64 | 16,56 | 235,0 | 18,22 |
| № 3 | 654,31 | 16,56 | 682,76 | 18,22 |

Расчетами прочности и жесткости металлических балок и ростверков было установлено:

1. На стадии эксплуатации трубопроводов нормальное $\sigma = 23,49$ кН/см² и касательное $\tau = 3,50$ кН/см² напряжения, возникающие в балках, не превышают расчетных сопротивлений стали (соответственно при изгибе $R_y = 24$ кН/см² и при сдвиге $R_s = 13,92$ кН/см²). Это означает, что **прочность металлических балок при эксплуатационных нагрузках обеспечена.**

Расчетные величины прогибов металлических балок не превышают предельно допустимые значения: $f_z = 3,8$ мм $< f_u = 1/250 = 3700/250 = 14,8$ мм; $f_y = 5,2$ мм $< f_u = 14,8$ мм (где $l = 3700$ мм – пролет балки).

2. При проведении гидравлических испытаний нормальные напряжения $\sigma = 25,74$ кН/см² незначительно превышают расчетное сопротивление стали при изгибе $R_y = 24$ кН/см². Однако в упругопластической стадии работы нормальные напряжения $\sigma = 21,51$ кН/см² не превышают расчетного сопротивления стали при изгибе $R_y = 24$ кН/см².

Касательные напряжения $\tau = 4,06$ кН/см² не превышают сопротивления стали при сдвиге $R_s = 13,92$ кН/см². Это означает, что прочность металлических балок при нагрузках, возникающих при гидравлических испытаниях, обеспечена, но только в случае, если осадки подземной части трубопроводов и их фундаментов марки «Фм1» невелики и не превышают расчетных значений, равных 5,4–16,9 мм.

Расчетные величины прогибов металлических балок при гидравлических испытаниях не превышают предельно допустимые значения: $f_z = 4,5$ мм $< f_u = 14,8$ мм, $f_y = 5,2$ мм $< f_u = 14,8$ мм.

3. В результате чрезмерных быстро протекающих при проведении гидравлических испытаний просадок фундаментов «Фм1» и опирающихся на них подземных трубопроводов на металлические балки передается дополнительная нагрузка от дополнительных участков проседающих трубопроводов, в результате чего расчетные напряжения в балках $\sigma = 44,14$ кН/см² значительно превышают

расчетное сопротивление стали как по пределу текучести $R_y = 24 \text{ кН/см}^2$, так и по временному сопротивлению $R_u = 36 \text{ кН/см}^2$, что приводит к развитию в балках значительных пластических деформаций и может привести к разрушению конструкции.

Расчетные значения прогибов балки определялись с использованием модуля упругости стали $E = 14,7 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, принятого для упругопластической стадии работы металла на основании обобщенной расчетной диаграммы работы стали С255 (Приложение «В» в СП [7]). Расчетные величины прогибов металлических балок в рассматриваемом случае многократно **превышают предельно допустимые величины**: $f_z = 167,8 \text{ мм} > f_u = 14,8 \text{ мм}$ и $f_y = 73,7 \text{ мм} > f_u = 14,8 \text{ мм}$.

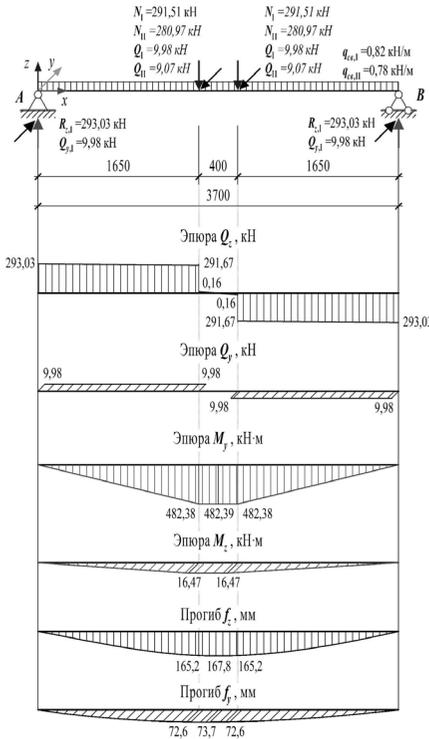


Рис. 3. Расчетная схема № 3. Результаты статических расчетов металлической балки из двутавра I40B2

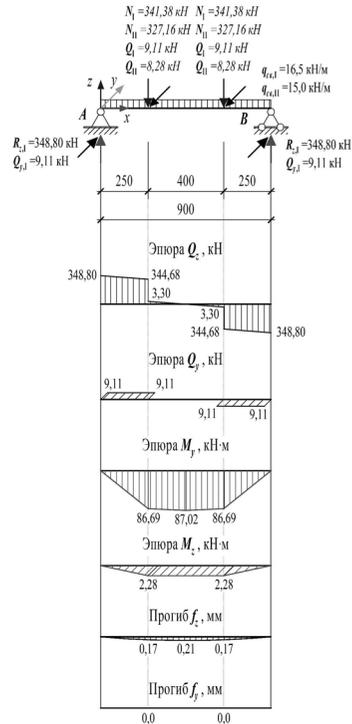


Рис. 4. Расчетная схема № 3. Результаты статических расчетов монолитного железобетонного ростверка

Расчетами железобетонной балки-ростверка было установлено:

1. На стадии эксплуатации трубопроводов прочность ростверков на действие вертикальных нагрузок обеспечивается с запасом 86 %, а на действие поперечных сил обеспечивается с многократным запасом.

Расчетные величины прогибов ростверков при эксплуатационных нагрузках равны нулю ($f_z = f_y = 0,0 \text{ мм}$), при том что нормативная предельно допустимая величина прогиба для рассматриваемого случая составляет $f_u = 1/250 = 900/250 = 3,6 \text{ мм}$, где $l = 900 \text{ мм}$ – пролет балки [8].

2. В условиях гидравлических испытаний прочность ростверков на действие вертикальной нагрузки обеспечивается с запасом 46 %, а на действие поперечных



сил выполняется с многократным запасом.

Расчетные величины прогибов ростверков и в условиях гидравлических испытаний равны нулю ($f_z = f_y = 0,0$ мм).

3. В результате чрезмерных быстро протекающих при проведении гидравлических испытаний просадок фундаментов «Фм1» и опирающихся на них трубопроводов на ростверки передается дополнительная нагрузка от проседающих трубопроводов, в результате чего расчетные напряжения в ростверках превышают их прочность при действии вертикальных нагрузок на 91 %, что приводит к образованию и раскрытию в ростверках трещин, к развитию пластических деформаций в арматуре и разрушению конструкции.

Выводы:

1. Причиной деформаций прогиба металлических двутавровых балок и образования трещин в монолитных железобетонных ростверках являются чрезмерные (экстремальные) кратковременные нагрузки, передающиеся на опорные балки и ростверки, возникшие при проведении гидравлических испытаний в результате быстротекущей просадки фундаментов «Фм1» и подземных трубопроводов цехового коллектора, при отсутствии в тех же условиях осадки свайных фундаментов.

2. Основной причиной чрезмерных просадок фундаментов «Фм1» и опирающихся на них трубопроводов, происшедших в результате проведения гидравлических испытаний, является выемка грунтов ниже проектной отметки при отрывке траншей под подземные трубопроводы и отрывке компактных котлованов под фундаменты «Фм1» с помощью землеройных механизмов, с последующей подсыпкой до проектной отметки неуплотненным надлежащим образом грунтом.

3. Дополнительными причинами деформации подземных трубопроводов могли быть деформации грунтов основания в открытых траншеях при производстве строительно-монтажных работ в осенне-зимнее время, а именно:

1) набухание насыщаемой атмосферной водой коренной твердой глины (ИГЭ-12) при производстве строительно-монтажных работ с последующей их усадкой по завершении строительства;

2) насыщение атмосферной водой и промерзание пучинистого пылеватого песка (ИГЭ-7) при производстве строительно-монтажных работ с последующим их оттаиванием по завершении строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бородавкин, П. П. Сооружение магистральных трубопроводов / П. П. Бородавкин, В. Л. Березин. – 2-е изд., перер. и доп. – Москва : НЕДРА, 1987. – 472 с. – Текст : непосредственный.

2. Шаммазов, А. М. Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях. Том 2 / А. М. Шаммазов, Р. М. Зарипов, В. А. Чичелов [и др.]. – Москва : Интер, 2006. – 564 с. – Текст : непосредственный.

3. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты : свод правил : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 : дата введения 20 мая 2011 г. : актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Москва, 2011. – 85 с. – Текст : непосредственный.

4. СП 86.13330.2014. Магистральные трубопроводы : свод правил : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 18 февраля 2014 г. : дата введения 01 июня 2014 г. : актуализированная редакция СНиП III-42-80*. – Москва, 2014. – 175 с. – Текст : непосредственный.



5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : свод правил : издание официальное : утверждено Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 03 декабря 2016 г. : дата введения 04 июня 2017 г. : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Москва, 2016. – 105 с. – Текст : непосредственный.

6. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений : свод правил : издание официальное : утверждено Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. : дата введения 17 июня 2017 г. : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Москва, 2016. – 225 с. – Текст : непосредственный.

7. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : свод правил : издание официальное : утверждено Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. : дата введения 28 августа 2017 г. : актуализированная редакция СНиП II-23-81*. – Москва, 2017. – 145 с. – Текст : непосредственный.

8. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : свод правил : издание официальное : утверждено Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. : дата введения 01 января 2013 г. : [с изменениями № 1 – № 3] : актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – Москва, 2015. – 162 с. – Текст : непосредственный.

GRIGOREV Yury Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; FATEEV Valery Valerevich, assistant of the chair of architecture

RESEARCH OF THE CAUSES OF DEFORMATION AND DAMAGE OF SUPPORTING ELEMENTS IN CONSTRUCTIONS OF FOUNDATIONS OF TECHNOLOGICAL PIPELINES OF COMPRESSOR STATIONS

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: pipeline, support elements, deformations, damages, foundations, soil base, settlement.

The article presents the results of studies of the causes of deformation and damage to the supporting structures of the foundations of technological pipelines of a compressor station.

REFERENCES

1. Borodavkin P. P., Berezin V. L. Sooruzhenie magistralnykh truboprovodov [Construction of main pipelines] / 2-e izd., perer. i dop. – Moscow: NEDRA, 1987, 472 p.

2. Shammazov A. M., Zaripov R. M., Chichelov V. A., et al. Raschyot i obespechenie prochnosti truboprovodov v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh [Calculation and ensuring strength of pipelines in complex engineering and geological conditions] Moscow: Inter, 2006. Vol. 2, 564 p.

3. СП 24.13330.2011. Svaynye fundamenty [Pile foundations] : svod pravil : utverzhdyon Priказом Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 27.12.2010 : data vved. 20.05.2011. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIП 2.02.03-85. Moscow. 2011, 85 p.

4. СП 86.13330.2014. Magistralnye truboprovody [Main pipelines] : svod pravil : utverzhdyon Priказом Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 18.02.2014 : data vved. 01.06.2014. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIП III-42-80*. Moscow. 2014, 175 p.

5. СП 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya [Loads and actions] : svod pravil : utverzhdyon Priказом Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy



Federatsii ot 03.12.2016 : data vved. 04.06.2017. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.01.07-85*. Moscow. 2016, 105 p.

6. SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Bases of buildings and structures]: svod pravil : utverzhdyon Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 16.12.2016 : data vved. 17.06.2017. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.02.01-83*. Moscow. 2016, 225 p.

7. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruksii [Steel structures] : svod pravil : utverzhdyon Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 27.02.2017 : data vved. 28.08.2017. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp II-23-81*. Moscow. 2017, 145 p.

8. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii. Osnovnye polozheniya [Concrete and reinforced concrete constructions. Generals] : svod pravil : utverzhdyon Prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 29.12.2011 : data vved. 01.01.2013 [s izmeneniyami №1-№3]. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 52-01-2003. Moscow. 2015, 162 p.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2020

Получено 27.12.2019 г.

УДК 624.154:728.84

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

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИНТОВЫХ СВАЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

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: винтовые сваи, несущая способность, расчетные схемы.

Приведены результаты анализа различных расчетных схем, используемых для определения несущей способности винтовых свай.

В последние десятилетия большую популярность в России приобрело строительство индивидуальных малоэтажных жилых домов: деревянных, каменных, каркасных, домов со смешанными конструктивными системами. По уверению представителей фирм, специализирующихся на строительстве и продаже таких домов, преимуществами индивидуального жилья являются: экономия финансовых средств, небольшой срок строительства, необязательность экспертизы проектных решений. При этом часто весьма опасным заблуждением не только застройщиков, но и строителей является убеждение в том, что для малоэтажных домов не требуется устройство сложных дорогостоящих фундаментов с предварительной разработкой проектов, обоснованных инженерными расчетами. Очень часто в качестве экономически наиболее привлекательного, нетрудоемкого, но надежного варианта предлагаются свайно-винтовые фундаменты, устройство которых может быть выполнено в короткое время [1, 2]. В этом случае искушение возможностью сэкономить подкрепляется, по-видимому, возможностью построить свой дом на «свайных» как на наиболее надежных фундаментах. Но являются ли эти металлические фундаментные конструкции сваями? Попробуем найти ответ на этот вопрос.

Конструкция, называемая «винтовой свай», представляет собой металлическую трубу с лопастями на одном из концов (с лопастным наконечником), погружаемая в грунтовый массив вдавливанием с одновременным завинчиванием. При погружении такой конструкции происходит разрыхление грунта природного сложения на всю глубину завинчивания сваи. В этом случае возникает вопрос: работает ли конструкция, называемая «винтовой свай», как свая, т. к. трение разуплотненного грунта по боковой поверхности трубы, если и возникает, то несомненно будет негативным (со знаком «минус»), пригружающим лопастной наконечник?

Обследования «винтовых свай» были выполнены авторами настоящей работы на одном из участков, отведенных под строительство 2-этажного деревянного жилого дома со стенами из оцилиндрованных бревен. Ко времени обследований на участке было выполнено свайное поле из 71 сваи (рис. 1, и рис. 1–6 цв. вклейки), каждая из которых представляла собой металлическую трубу с наружным диаметром $\text{Ø}133$ мм, к нижнему конусообразному концу которой был приварена лопасть, выкроенная из стального листа толщиной 6 мм (рис. 2).

Погружение свай в грунтовый массив было выполнено завинчиванием в предварительно выбуренные с поверхности участка направляющие скважины диаметром 350 мм и глубиной до 0,6 м (рис. 3). После завинчивания свай до заданной отметки была выполнена засыпка местным грунтом предварительно выбуренного объема направляющих скважин.

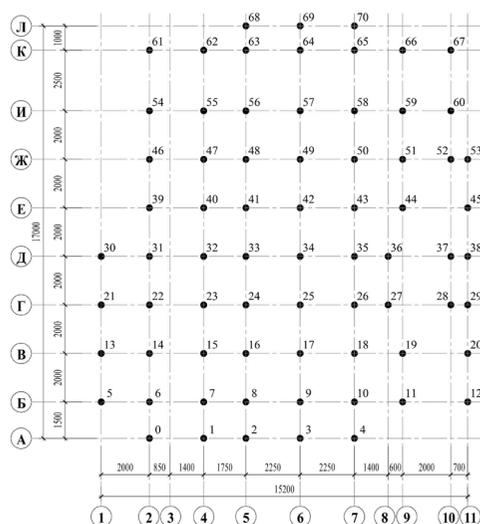


Рис. 1. Схема расположения винтовых свай

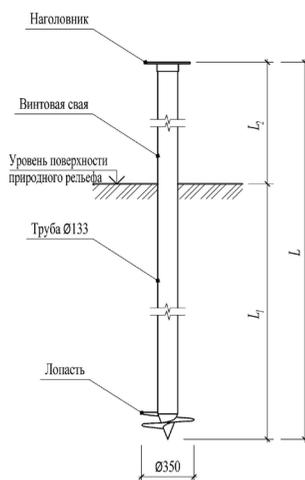


Рис. 2. Конструкция винтовой сваи. Диаметр лопасти – 350 мм, трубчатого ствола сваи – 133 мм

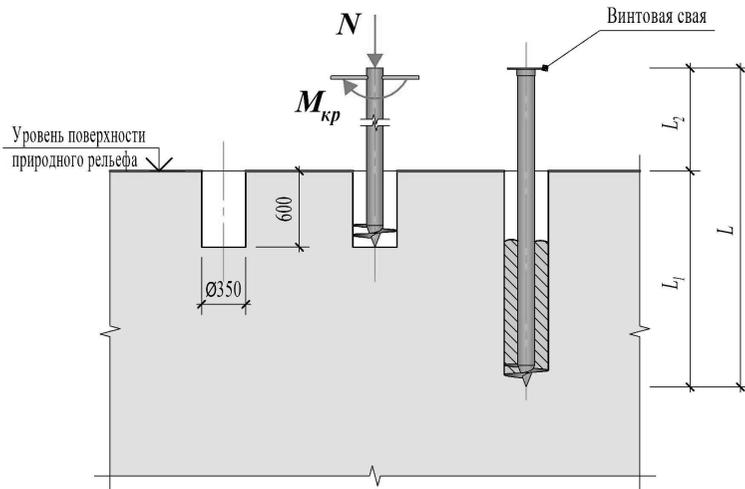


Рис. 3. Последовательность погружения винтовых свай в грунтовое основание на рассматриваемом участке строительства индивидуального жилого дома

В результате обследований, выполненных спустя полгода после завинчивания свай, были обнаружены просадки разрыхленного при завинчивании околосвайного грунта на глубину от 100 до 220 мм (рис. 3–5 цв. вклейки). Просадка рыхлого околосвайного грунта произошла в результате его самоуплотнения под действием собственного веса, чему способствовало насыщение грунта поверхностной талой водой в весеннее время. Это обстоятельство послужило основанием для вывода о том, что так называемую «винтовую сваю» следует рассматривать не как сваю, а как завинчивающийся металлический фундамент с компактной круглой подошвой в виде лопасти, опирающейся на естественное грунтовое основание. В связи с этим авторами были выполнены расчеты несущей способности фундаментных конструкций, выполненных на рассматриваемом участке, с использованием нескольких расчетных схем:

1. Расчет несущей способности винтовой сваи по формуле и по рекомендациям СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» [3], выполненный с учетом расчетного сопротивления грунта под лопастью и по боковой поверхности трубчатого ствола сваи.
2. Расчет несущей способности винтовой сваи по СП 24.13330.2011 [3] с пригрузкой лопасти разрыхленным грунтом.
3. Расчет несущей способности грунтового основания компактного металлического фундамента с круглой плитной частью – лопастью, пригруженной разрыхленным грунтом.

Исследованиями, выполненными авторами, было установлено что инженерно-геологическое строение участка, отведенного под строительство, крайне неоднородное как по условиям залегания грунтов (в плане и по глубине), так и по их физико-механическим свойствам (рис. 7 цв. вклейки). Вследствие этого лопасти винтовых свай, завинченных на участке, опираются на грунты, существенно отличающиеся друг от друга по прочности и по деформируемости (рис. 7–10 цв. вклейки), а именно:

**К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА
«ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИНТОВЫХ СВАЙ,
ИСПОЛЗУЕМЫХ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ»**

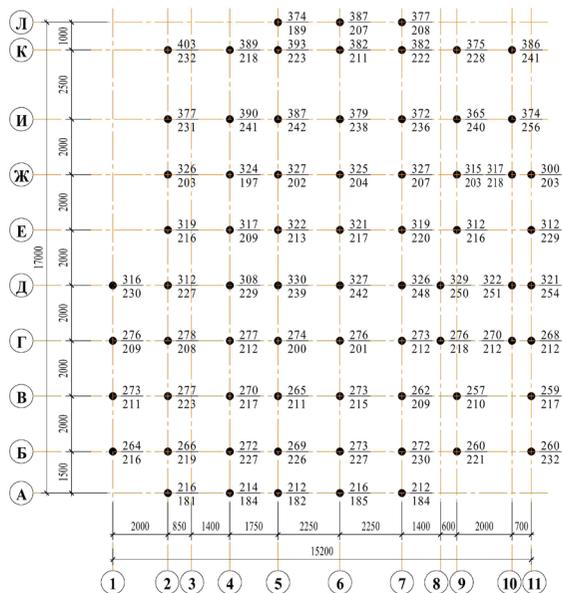


Рис. 1. Схема расположения винтовых свай: над чертой дана общая длина свай L , см; под чертой – длина погруженной в грунт части свай L_1 , см (см. рис. 2)



Рис. 2. Свайное поле из 71 винтовой свай. Вид от крайнего ряда свай, расположенного вдоль координационной оси «А»

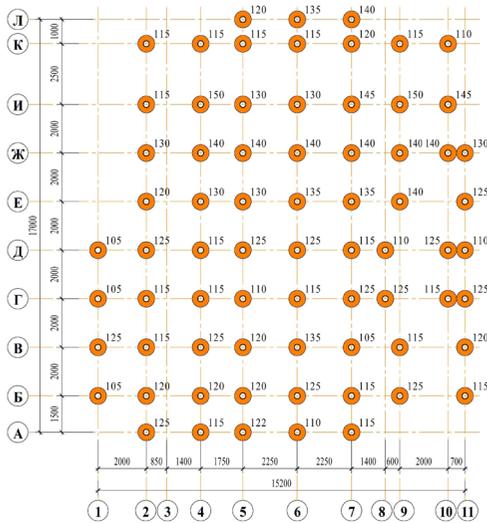


Рис. 3. Схема расположения винтовых свай с указанием толщины разрыхленного слоя околосвайного грунта $H_{\text{р}}$ (см. рис. 4, 5 цв. вклейки)

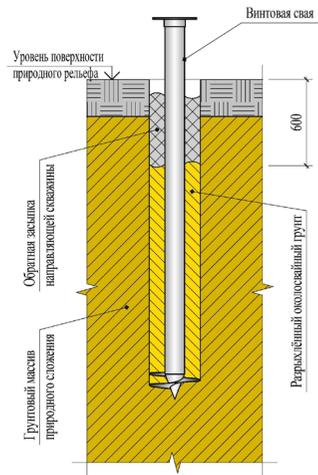


Рис. 4. Схема образования провала за счет самоуплотнения разрыхленного слоя околосвайного грунта



Рис. 5. Винтовые сваи № 39, № 46 и № 54, расположенные вдоль оси «2» на участке в осях «Е»–«И». Провал разрыхленного грунта глубиной 150 мм у сваи № 39



Рис. 6. Свая № 6. Коррозионное повреждение лопасти сваи с лобовой и тыльной стороны

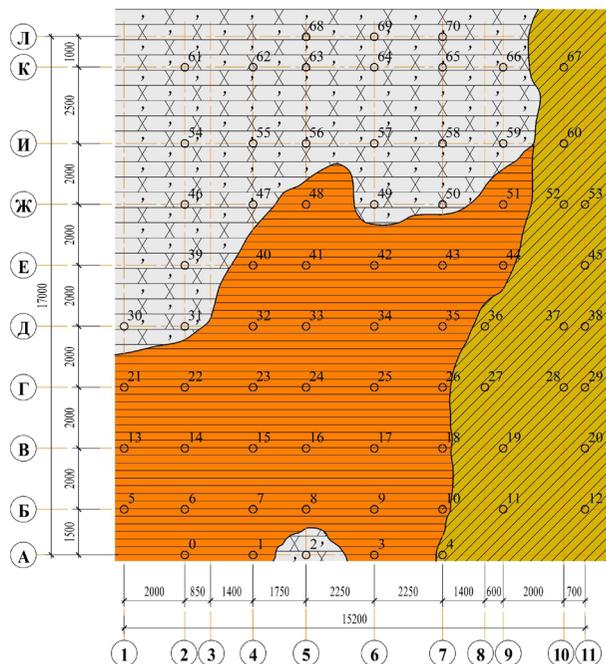


Рис. 7. Инженерно-геологическая карта распространения грунтов в уровне расположения лопастей винтовых свай

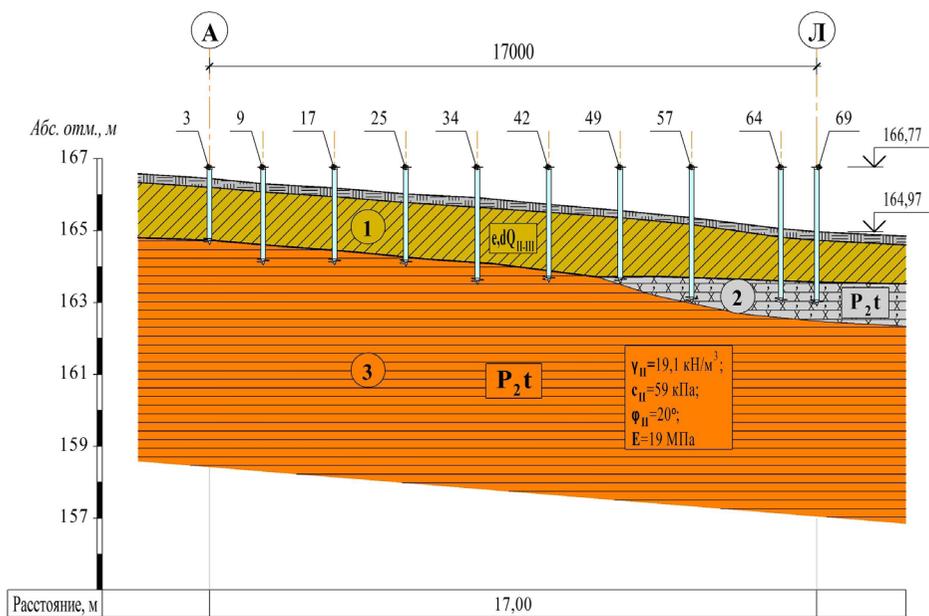


Рис. 8. Инженерно-геологический разрез вдоль координационной оси 6 (см. рис. 7 цв. вклейки): ИГЭ-1 – суглинок тугопластичный; ИГЭ-2 – алевролит глинистый; ИГЭ-3 – глина твердая

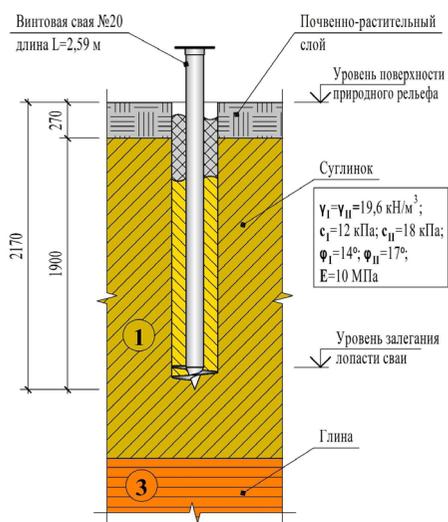


Рис. 9. Расчетная схема № 1 к определению несущей способности сваи № 20

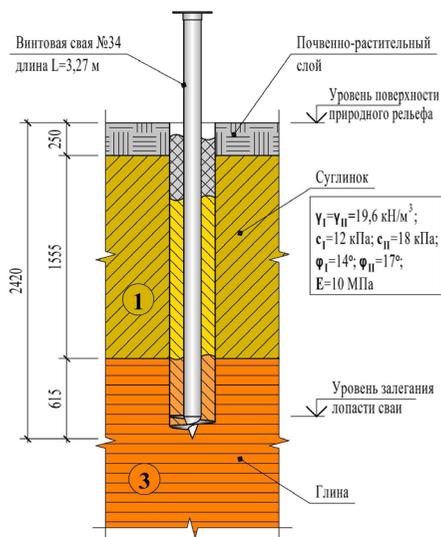


Рис. 10. Расчетная схема № 2 к определению несущей способности сваи № 34

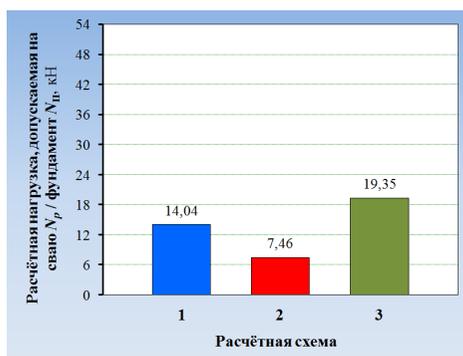


Рис. 11. Сравнение величины расчетных нагрузок, допускаемых на сваю № 20, определенных с использованием расчетных схем № 1–№ 3

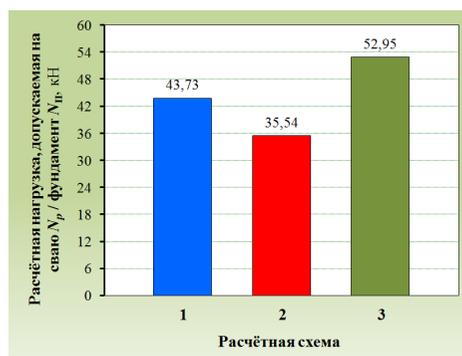


Рис. 12. Сравнение величины расчетных нагрузок, допускаемых на сваю № 34, определенных с использованием расчетных схем № 1–№ 3



1) на участке в осях «7»–«11»/«А»–«К» лопасти свай опираются на суглинок тугопластичный ($\gamma_1 = \gamma_{II} = 19,6 \text{ кН/м}^3$; $c_1 = 12 \text{ кПа}$; $c_{II} = 18 \text{ кПа}$; $\varphi_1 = 14^\circ$; $\varphi = 17^\circ$; $E = 10 \text{ МПа}$);

2) на участке в осях «1»–«8»/«Д»–«Л» лопасти опираются на алевролит глинистый ($\gamma_1 = 19,6 \text{ кН/м}^3$; $\gamma_{II} = 19,7 \text{ кН/м}^3$; $c_1 = 20 \text{ кПа}$; $c_{II} = 22 \text{ кПа}$; $\varphi_1 = 30^\circ$; $\varphi_{II} = 32^\circ$; $E = 10 \text{ МПа}$);

3) на участке в осях «1»–«8»/«А»–«Ж» лопасти свай опираются на глину твердую ($\gamma_1 = 19,0 \text{ кН/м}^3$; $\gamma_{II} = 19,1 \text{ кН/м}^3$; $c_1 = 54 \text{ кПа}$; $c_{II} = 59 \text{ кПа}$; $\varphi_1 = 19^\circ$; $\varphi_{II} = 20^\circ$; $E = 19 \text{ МПа}$).

Сравнительная оценка несущей способности винтовых свай выполнялась с учетом требований п.7.1.11 СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» [1], в соответствии с которыми:

$$N_p = \frac{\gamma_{o1} \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_k}, \quad (1)$$

где N_p – расчетная нагрузка, допускаемая на сваю, кН; F_d – несущая способность грунта основания одиночной сваи; $\gamma_o = 1,0$ – коэффициент условий работы, учитывающий повышение однородности грунтовых условий при применении свайных фундаментов; $\gamma_n = 1,15$ – коэффициент надежности по назначению для сооружения II уровня ответственности; $\gamma_k = 1,4$ – коэффициент надежности по грунту.

С учетом вышеперечисленных условий расчетная нагрузка, допускаемая на сваю, определялась как:

$$N_p = 0,621 \cdot F_d.$$

Несущая способность винтовой сваи с использованием расчетной схемы № 1 была определена по формуле, п. 7.2.10 [1]:

$$F_d = \gamma_c \cdot [F_{d0} + F_{df}], \quad (2)$$

где $\gamma_c = 0,8$ – коэффициент условий работы сваи в грунте; F_{d0} – несущая способность лопасти, кН; F_{df} – несущая способность ствола, кН.

Несущая способность лопасти F_{d0} , кН винтовой сваи была определена по формуле, п.7.2.10 [3]:

$$F_{d0} = (a_1 \cdot c_1 + a_2 \cdot \gamma_1 \cdot h_1) \cdot A, \quad (3)$$

где a_1, a_2 – безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 7.10 СП 24.13330.2011 [3] в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ_1 ; c_1 – расчетное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне, кПа; γ_1 – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше лопасти сваи кН/м^3 ; h_1 – глубина залегания лопасти сваи от природного рельефа, м; $A = 0,096 \text{ м}^2$ – проекция на горизонтальную плоскость площади лопасти диаметром 0,35 м.

Несущая способность трубчатого ствола F_{df} , кН винтовой сваи определялась по формуле, п.7.2.10 СП 24.13330.2011 [3]:

$$F_{df} = u \cdot f_i \cdot (h - d), \quad (4)$$

где $u = 0,42 \text{ м}$ – периметр поперечного сечения ствола сваи; f_i – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола винтовой сваи, кПа, принимаемое по табл. 7.3 СП 24.13330.2011 [3]; h – длина ствола сваи, погруженной в грунт, м; $d = 0,35 \text{ м}$ – диаметр лопасти сваи.

Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю с использованием расчетной схемы № 2, была определена по формуле:

$$N_p = 0,621 \cdot \gamma_c \cdot F_{d0} - P_{г.1}, \quad (5)$$



где $P_{г,1}$ – расчетный вес разрыхленного грунта, передающийся на лопасти сваи.

Результаты расчетов несущей способности сваи № 20, опирающейся лопастями на суглинок (рис. 9 цв. вклейки), и сваи № 34, опирающейся на твердую глину (рис. 10 цв. вклейки), выполненных для различных расчетных схем, приведены в табл. 1 и на рис. 11, 12 цв. вклейки.

Таблица 1

Несущая способность винтовых свай по грунту

| Номер сваи | Номер расчетной схемы | Несущая способность сваи F_d , кН | Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю N_p , кН |
|------------|-----------------------|-------------------------------------|--|
| 20 | 1 | 22,60 | 14,04 |
| | 2 | 16,65 | 7,46 |
| 34 | 1 | 70,42 | 43,73 |
| | 2 | 62,45 | 35,54 |

В результате выполненных расчетов было установлено следующее:

1. Расчетная нагрузка, допускаемая на сваи, определенная с учетом пригрузки лопасти разрыхленным грунтом, возникающей при просадке (самоуплотнении) околосовайного грунта, существенно меньше расчетной нагрузки, определенной по приведенной выше формуле (2):

- для сваи № 20, опирающейся на суглинок (ИГЭ-1) – на 47 %;
- для сваи № 34, опирающейся на твердую глину (ИГЭ-3) – на 19 %.

Для случая (расчетная схема № 3), когда «винтовая свая» рассматривается как отдельно стоящий фундамент с компактной плитной частью, опирающейся на естественное грунтовое основание, с глубиной заложения подошвы равной глубине погружения лопасти «сваи», несущая способность фундамента оценивалась как сопротивление грунта под его подошвой:

$$N_{II} = A \cdot R - P_{г,II} \quad (6)$$

где N_{II} – расчетная нагрузка, воспринимаемая грунтом; R – расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента, определяемое по формуле 5.7 СП 22.13330.2016 [4]; $P_{г,II}$ – расчетный вес разрыхленного грунта на плитной части (лопасти) фундамента.

Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 2 и на рис. 11, 12 цв. вклейки.

Таблица 2

Несущая способность фундаментов с опорной плитной частью в виде лопасти, опирающейся на грунтовое основание

| Номер сваи | Номер расчетной схемы | Расчетное сопротивление R , кПа | Нагрузка на фундамент N_{II} , кН |
|------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 20 | 3 | 231,28 | 19,35 |
| 34 | 3 | 584,72 | 52,95 |

Поскольку расчетные нагрузки, допускаемые на сваи, оказались меньше расчетных нагрузок, передающихся на фундаменты от надземной части дома, застройщиком рассматриваемого участка было принято решение демонтировать выполненные на участке винтовые сваи и построить дом на фундаментах другого типа.



В результате обследования свай, извлеченных из грунта, были обнаружены разрушения защитного покрытия лопастей свай в результате их трения о грунт при завинчивании в грунтовый массив. Отсутствие защитного слоя привело к развитию коррозионного разрушения металла не только лопастей, но и трубчатых стволов свай (рис. 6 цв. вклейки).

Результаты выполненных исследований послужили основанием для вывода о том, что конструкции, называемые «винтовыми сваями», таковыми не являются. Их следует рассматривать как металлические фундаменты с компактной круглой в плане опорной плитной частью, образованной лопастями, погружаемые в грунтовое основание завинчиванием с несущей способностью, наиболее достоверно обосновываемой расчетами по СП 22.13330.2016 [4].

По мнению авторов, целесообразно обратить внимание на терминологию, использованную в п. 7.2.10 СП 24.13330.2011 [1] в расшифровке вышеприведенной формулы (2), где $F_{до}$ трактуется как «несущая способность лопасти», тогда как это – несущая способность грунта под лопастью сваи, а $F_{дф}$ трактуется как «несущая способность ствола», тогда как это – несущая способность грунта на боковой поверхности трубчатого ствола сваи. В рассматриваемом случае определения «несущая способность лопасти» и «несущая способность ствола», скорее всего, относятся к области расчетов металлических конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полищук, А. И. Обоснование конструктивного решения винтовых свай для фундаментов быстровозводимых временных зданий на глинистых грунтах / А. И. Полищук, Ф. А. Максимов. – Текст : непосредственный // Вестник ПНИПУ. – 2015. – № 4. – С. 62–75.
2. Комиссарова, О. Ю. Основания на винтовых сваях / О. Ю. Комиссарова, С. В. Емельянов. – Текст : непосредственный // Достижения вузовской науки. – 2014. – № 10. – С. 136–139.
3. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты : свод правил : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. : дата введения 20 мая 2011 года : актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Москва, 2011. – 85 с. – Текст : непосредственный.
4. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений : свод правил : издание официальное : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 года : дата введения 17 июня 2017 г. : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Москва, 2016. – 225 с. – Текст : непосредственный.

GRIGOREV Yury Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; FATEEV Valery Valerevich, assistant of the chair of architecture

RESEARCH OF BEARING CAPACITY OF SCREW PILES USED IN LOW-RISE CONSTRUCTION

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: screw piles, bearing capacity, calculation schemes.



The article presents the results of analysis of various calculation schemes used to determine the bearing capacity of screw piles.

REFERENCES

1. Polischuk A. I., Maksimov F. A. Obosnovanie konstruktivnogo resheniya vintovykh svay dlya fundamentov bistrovozvodimykh vremennykh zdaniy na glinistyykh gruntakh [Effective design solutions for screw pile foundations of pre-fabricated temporary buildings founded on clay soils] // Vestnik PNIPU [PNIPU Bulletin], 2015. № 4. P. 62–75.
2. Komissarova O. Yu., Emelyanov S. V. Osnovaniya na vintovykh svayakh [Foundations on screw piles] // Dostizheniya vuzovskoy nauki [Achievements of University Science], 2014. № 10. P. 136–139.
3. SP 24.13330.2011. Svaynye fundamenty [Pile foundations] : svod pravil : utverzhdyon Prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 27.12.2010 : data vved. 20.05.2011. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.03-85. Moscow. 2011, 85 p.
4. SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Bases of buildings and structures]: svod pravil : utverzhdyon Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 16.12.2016 : data vved. 17.06.2017. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.01-83*. Moscow. 2016, 225 p.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2020

Получено: 17.01.2020 г.

УДК 624.15:551.435.8

М. М. УТКИН, канд. техн. наук, вед. инженер карстологических исследований

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ПРОЛЕТА КАРСТОВОГО ПРОВАЛА ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С НЕБОЛЬШИМИ РАСЧЕТНЫМИ РАЗМЕРАМИ В ПЛАНЕ

ОАО «Гео Палитра»

Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Костина, д. 3, пом. 53.

Тел.: +7 (920) 252-22-69; эл. почта: mike5319@ Rambler.ru

Ключевые слова: карст, карстовый провал, расчетный пролет карстового провала, противокарстовая защита.

Выполнен анализ влияния габаритных размеров плитных и ленточных фундаментов, а также расчетной длины линейных сооружений на расчетный пролет карстового провала, значения которого одновременно определены по трем методикам. На примере показано, что для строительных объектов с небольшой расчетной длиной расчетный пролет провала может получаться заниженным, даже на достаточно сильно закарстованных территориях. С учетом накопленного практического опыта предложены варианты решения проблемы.

Статья написана в развитие ранее опубликованной работы [1], в которой был выполнен сравнительный анализ имеющихся методик определения расчетного пролета карстового провала l_d .

В качестве основного параметра при проектировании конструктивной и некоторой геотехнической противокарстовой защиты зданий и сооружений может использоваться расчетный пролет карстового провала l_d [2–5], учитывающий как вероятностные закономерности образования провалов на площадках (участках) строительства, так и конструктивные особенности (параметры) строительных объектов.

В [1] отмечалось, что большое влияние на значение расчетного пролета провала может оказывать тип фундамента и его размеры в плане. Причем наиболее остро ситуация обстоит для тех объектов, несущие конструкции которых, непосредственно воспринимающие воздействие карстовых деформаций, характеризуются небольшой расчетной длиной. Перед тем как перейти к рассмотрению примера, отметим два важных момента:

1) в отличие от площадных сооружений линейные, как правило, не имеют фундаментов. Поэтому в настоящей публикации речь пойдет о линейных сооружениях, для которых капитальная противокарстовая защита возможна в принципе, и которые передают на основание линейные (несосредоточенные) нагрузки. К ним относятся, например, подземные трубопроводы и тоннели, земляное полотно дорог при условии его усиления геосинтетическими материалами;

2) как правило, для линейных сооружений очень много вопросов и сложностей возникает при определении или назначении их размеров в плане [1, 8, 9], необходимых для вычисления расчетного пролета провала l_d . В настоящей работе в словосочетаниях «расчетные размеры» и «расчетная длина (ширина)» линейного сооружения слово «расчетные (-ая)» означает, что данные размеры (длина и ширина) будут использоваться только при выполнении расчетов величины l_d и они не имеют ничего общего с проектными размерами. Для фундаментов площадных сооружений их расчетные размеры в большинстве случаев равны проектным. Поэтому применительно к размерам фундаментов в тексте статьи слово «расчетные (-ая)» не приводится.

Теперь рассмотрим пример. Допустим, планируется инженерно-строительное освоение карстоопасного участка, характеризующегося следующими параметрами: 1) показатель интенсивности возникновения провалов λ принят равным 0,1 пров./км²год (пров./га·100 лет) – граничное значение, разделяющее III и II категории карстоопасности [3]; 2) средний диаметр провалов d_{cp} принят равным 12 м, что соответствует категории карстоопасности Б; 3) максимальный диаметр провалов d_{max} определен согласно нормальному закону распределения [4, 5]. Его значение составило 24 м. Используя значения d_{cp} и d_{max} , была получена гистограмма распределения диаметров провалов (рис. 1).

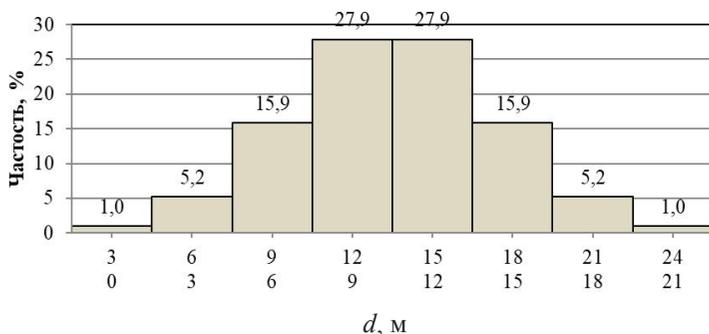


Рис. 1. Гистограмма распределения диаметров карстовых провалов



Рассмотрим площадное и линейное сооружение, проектные параметры которых приняты следующими: 1) уровень ответственности – нормальный (класс – КС-2); 2) срок службы – 100 лет; 3) минимально допустимая надежность $[P] = P_{adm} = 0,95$; максимальная надежность $P_{max} = 1$; 4) допустимый удельный карстовый риск $R_n = 1 - [P] = 0,05$; 5) тип фундаментов площадного объекта – плитный и ленточный; 6) наибольший L и наименьший B габаритные размеры фундаментов в плане увеличиваются кратно 3 м, от 3×3 до 30×30 м; 7) расчетная длина линейного сооружения L также увеличивается кратно 3 м, от 3 до 30 м, а его расчетная ширина B условно принята равной 100 м.

Расчетные схемы ленточного и плитного фундаментов показаны на рис. 3. Расчетная схема линейного сооружения – частный случай фундамента, состоящего из одной ленты. Все вычисления расчетного пролета карстового провала l_d произведены по трем методикам (конкретным алгоритмам действий) [1], которые изложены в научно-технической литературе [4–9] и реализованы в программе «*Karst risk*» [10] и программном комплексе «*Karst prolet*» [11]. Результаты расчетов показаны в табл. 1, 2 и на рис. 4–6, из которых отчетливо видно, что значение величины l_d сильно зависит не только от методики ее определения, но также от типа, длины и площади фундамента, расчетной длины линейного сооружения. Изложенное обстоятельство является предметом исследования настоящей статьи. Рассмотрим его подробно.

Вычисление расчетного пролета провала l_d можно разделить на два этапа [1, 9]. Сначала рассмотрим **второй этап**. Он заключается в определении условной вероятности P_{ld} (при условии, что провал обязательно произойдет в основании строительного объекта). Исходя из результатов расчетов (см. табл. 1 и 2), выполненных по первой методике [4, 5], установлено, что с увеличением длины L и площади S фундаментов, а также расчетной длины линейного сооружения L вероятность P_{ld} заметно возрастает. Однако ее значения составляют меньше нуля. Здесь необходимо отметить следующее. Минимально допустимая надежность $[P]$ (P_{adm}), используемая в расчетах, не учитывает площадь S и срок службы T сооружений. При этом в процессе определения P_{ld} она, по сути дела, сопоставляется с безусловной вероятностью P_F , которая вычисляется с учетом S и T . В результате этой нестыковки [1, 9] получились отрицательные значения P_{ld} и, следовательно, нулевые значения l_d . В некоторой степени данная проблема была решена во второй методике [6, 7] за счет использования в расчетах диапазона надежности P : от P_{adm} до P_{max} . Благодаря этому удалось избежать нулевых значений l_d . Однако они все же получаются низкими (см. табл. 1, 2 и рис. 4–6). Поэтому в инженерной практике следует применять третью методику [1, 8, 9]. Ниже речь пойдет только о ней. В заключение абзаца отметим, что в первой и второй методиках занижение l_d происходит на обоих этапах расчетов.

В третьей методике [1, 8, 9] с увеличением длины L и площади S фундаментов условная вероятность P_{ld} незначительно уменьшается, а от расчетной длины линейного сооружения L она и вовсе не зависит (см. табл. 1 и 2). Поэтому на рассматриваемом этапе расчетов занижения величины l_d происходить не может, чего нельзя сказать о первом этапе.



Таблица 1

Результаты вычислений расчетного пролета провала для площадного сооружения

| Но- мер | L, B, м | S, м ² | P _{ид,1} , д.е. [4,5] | P _{ид,3} , д.е. [8] | l _d , м, в зависимости от методики определения и типа фундамента | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|------|-------|------|----------|------|-------|------|-------------|-------|-------|-------|
| | | | | | 1 [4, 5] | | | | 2 [6, 7] | | | | 3 [1, 8, 9] | | | |
| | | | | | плитн. | Δ, % | лент. | Δ, % | плитн. | Δ, % | лент. | Δ, % | плитн. | Δ, % | лент. | Δ, % |
| 1 | 3x3 | 9 | -21,47 | 0,657 | 0 | - | 0 | - | 0,2 | - | 0,2 | - | 2,8 | - | 2,8 | - |
| 2 | 6x6 | 36 | -14,71 | 0,653 | | | | | 0,4 | 100 | 0,4 | 100 | 5,8 | 107,1 | 5,7 | 103,6 |
| 3 | 9x9 | 81 | -10,47 | 0,649 | | | | | 0,7 | 75 | 0,6 | 50 | 8,7 | 50 | 6,8 | 19,3 |
| 4 | 12x12 | 144 | -7,916 | 0,645 | | | | | 1,1 | 52,9 | 0,9 | 50 | 10,8 | 24,1 | 7,5 | 10,3 |
| 5 | 15x15 | 225 | -5,924 | 0,640 | | | | | 1,5 | 37,4 | 1,2 | 33,3 | 11,3 | 4,6 | 8,1 | 8 |
| 6 | 18x18 | 324 | -4,622 | 0,635 | | | | | 1,9 | 29,3 | 1,5 | 25 | 11,5 | 1,8 | 8,6 | 6,2 |
| 7 | 21x21 | 441 | -3,715 | 0,631 | | | | | 2,4 | 26,3 | 1,8 | 22 | 11,7 | 1,7 | 9,0 | 4,7 |
| 8 | 24x24 | 576 | -2,941 | 0,626 | | | | | 2,9 | 20,8 | 2,2 | 19,1 | 11,9 | 1,3 | 9,3 | 3,3 |
| 9 | 27x27 | 729 | -2,342 | 0,622 | | | | | 3,4 | 17,2 | 2,5 | 14,7 | 12,0 | 1,3 | 9,6 | 3,2 |
| 10 | 30x30 | 900 | -1,882 | 0,617 | | | | | 3,9 | 14,7 | 2,8 | 12 | 12,1 | 0,8 | 9,8 | 2,1 |

Примечания: 1. Относительное увеличение расчетного пролета провала Δl определялось как $[(l_{di} - l_{di-1}) / l_{di-1}] \cdot 100\%$.

2. Вероятность $P_{ид,1}$ приведена для плитного фундамента.

Таблица 2

Результаты вычислений расчетного пролета провала для линейного сооружения

| Но- мер | L, м | P _{ид,1} , д.е. [4, 5] | P _{ид,3} , д.е. [8] | Методика определения l _d | | | | | | | |
|------------|------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|--|--|
| | | | | 1 [4, 5] | | 2 [6, 7] | | 3 [1, 8, 9] | | | |
| | | | | l _d , м | Δ, % | l _d , м | Δ, % | l _d , м | Δ, % | | |
| 1 | 3 | -5,161 | 0,549 | 0 | - | 0,5 | - | 2,7 | - | | |
| 2 | 6 | -4,001 | | | | 1,0 | 100 | 5,4 | 100 | | |
| 3 | 9 | -3,242 | | | | 1,4 | 40 | 5,9 | 9,3 | | |
| 4 | 12 | -2,671 | | | | 1,8 | 28,6 | 6,2 | 5,1 | | |
| 5 | 15 | -2,268 | | | | 2,2 | 22,2 | 6,5 | 4,8 | | |
| 6 | 18 | -1,928 | | | | 2,6 | 18,2 | 6,8 | 4,6 | | |
| 7 | 21 | -1,651 | | | | 3,0 | 15,4 | 7,1 | 4,4 | | |
| 8 | 24 | -1,427 | | | | 3,4 | 13,3 | 7,4 | 4,2 | | |
| 9 | 27 | -1,226 | | | | 3,8 | 11,8 | 7,7 | 4,1 | | |
| 10 | 30 | -1,037 | | | | 4,1 | 7,9 | 7,9 | 2,6 | | |

Примечание. Величина Δ определялась как в табл. 1.

Вне зависимости от методики вычисления расчетного пролета провала l_d на **первом этапе** должна быть получена интегральная кривая распределения пролетов карстовых провалов l методом статистических испытаний [1, 9]. При этом максимальное значение величины l , обозначенное далее по тексту как l_{max} , определяется следующим образом: если $L \leq d_{max}$, то $l_{max} = L$, а если $L > d_{max}$, то $l_{max} = d_{max}$. Так, в рассматриваемом примере для плитного фундамента длиной 6 м максимальный пролет провала равен 6 м, а если $L = 30$ м, то $l_{max} = 24$ м (рис. 2). При этом величина l_d не может превышать l_{max} . Согласно табл. 1 и рис. 2 искомое значение l_d , вычисленное по третьей методике, в первом случае составило 5,8 м, во втором – 12,1 м. Таким образом, принимая во внимание срок службы объекта, высокую интенсивность образования провалов и их большой средний диаметр, в первом случае имеем значительное занижение карстовой опасности. Аналогичная ситуация наблюдается и для линейного сооружения (см. табл. 2).

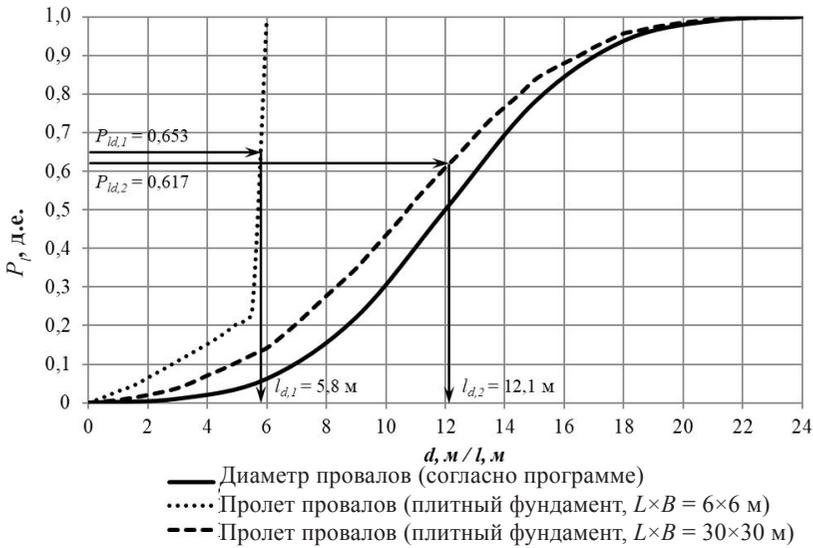


Рис. 2. Интегральные кривые распределения диаметров и пролетов карстовых провалов

С одной стороны, преимущество расчетного пролета провала заключается в том, что он учитывает в частности размеры фундаментов в плане, расчетную длину линейных сооружений. С другой стороны, учет небольших размеров приводит к значительному занижению величины l_d . Поэтому актуальным является вопрос о назначении минимально допустимой длины, которая должна использоваться в расчетах.

Как видно из результатов расчетов (см. табл. 1 и 2), с приближением величины L к d_{max} влияние габаритных размеров фундамента $L \times B$ и расчетной длины линейного сооружения L на расчетный пролет карстового провала l_d уменьшается, а если $L > d_{max}$, то оно может считаться несущественным. Здесь необходимо рассмотреть два момента:

1) как правило, во всех расчетных случаях влияние размеров фундамента и расчетной длины линейного сооружения на расчетный пролет провала заметно уменьшается, когда $L \geq d_{cp}$. Так, если сравнивать между собой значения величины l_d , вычисленные по третьей методике при $L = 12$ м (d_{cp}) и 24 м (d_{max}), получим, что для плитного фундамента она увеличивается на 10,2 %, для ленточного фундамента – на 24,0 % и для линейного сооружения – на 19,4 %. С инженерной точки зрения, данное увеличение расчетного параметра не способно оказать значимое влияние на безопасность зданий и сооружений. Поэтому при выполнении расчетов величину L всегда следует принимать не менее d_{cp} ;

2) в некоторых случаях (например, при проектировании зданий и сооружений, аварии которых могут сопровождаться очень большими ущербами, при строительстве объектов на участках с высокой карстовой опасностью) рекомендуется величину L принимать не менее диаметра провала d , определенного по соответствующей интегральной кривой распределения (см. рис. 2) при вероятности 0,75. В рассматриваемом примере $L \geq d \approx 15$ м. Тогда, если сравнивать между собой значения величины l_d , вычисленные по третьей методике при $L = 15$ (d) и 24 м (d_{max}), получим, что для плитного фундамента она увеличивается на 5,3 %, для ленточного фундамента – на 14,8 % и для линейного сооружения – на 13,9 %. Такое увеличение расчетного параметра является несущественным.

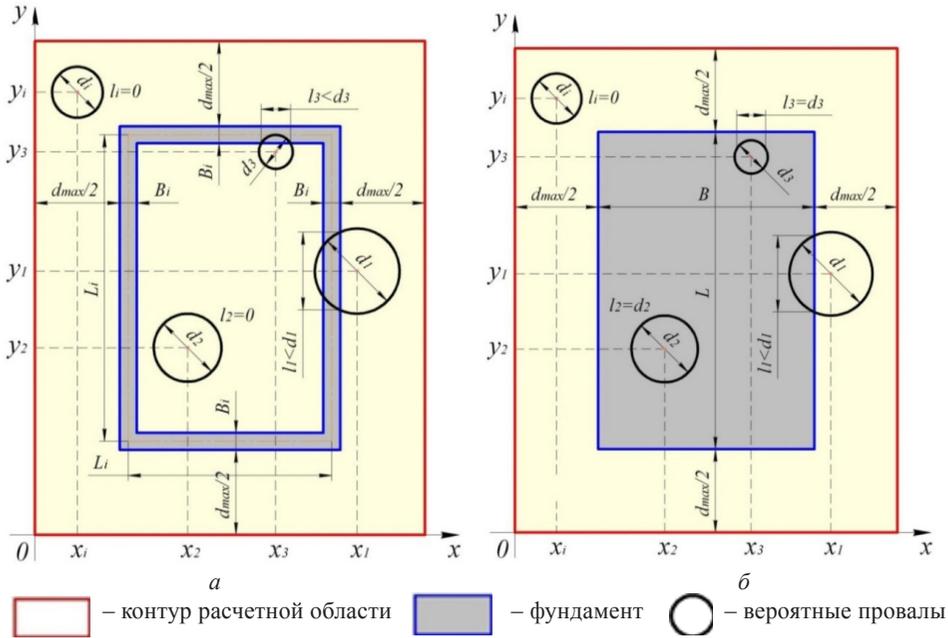


Рис. 3. Расчетные схемы для определения поражения ленточного (а) и плитного (б) фундаментов карстовыми провалами. Ленточный: B_i и L_i – ширина и длина (в осях) отдельных фундаментных лент. Плитный: B и L – ширина и длина фундамента

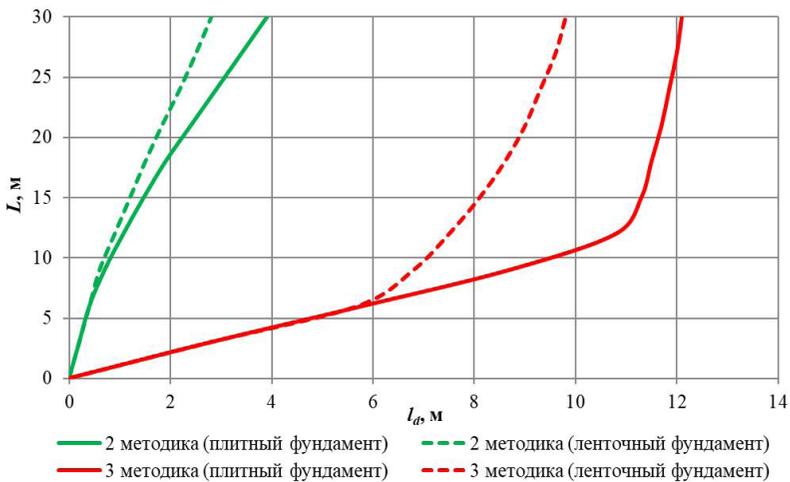


Рис. 4. Графики изменения расчетного пролета карстового провала l_d в зависимости от длины фундамента L

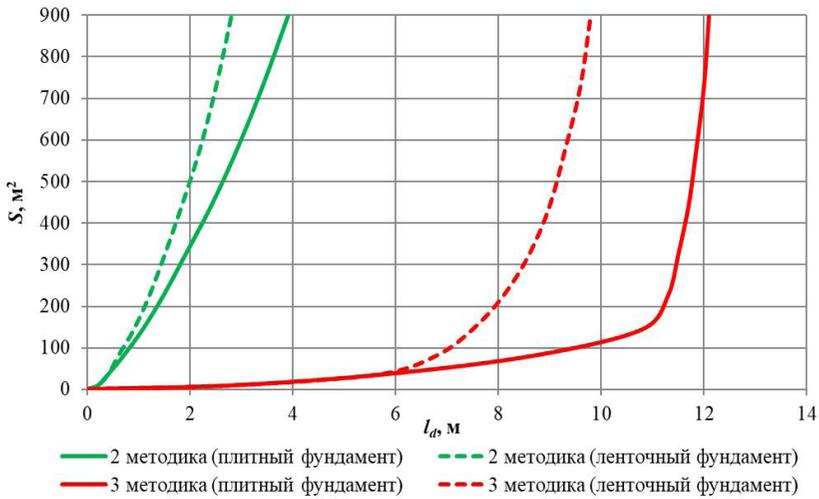


Рис. 5. Графики изменения расчетного пролета карстового провала l_d в зависимости от площади фундамента S

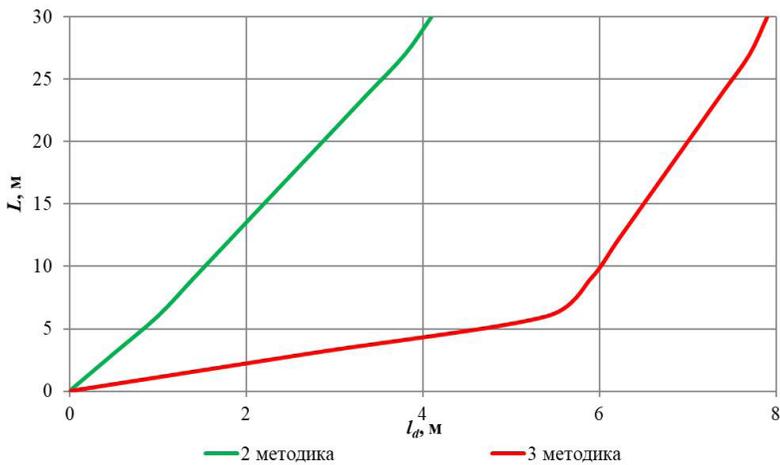


Рис. 6. Графики изменения расчетного пролета карстового провала l_d в зависимости от расчетной длины линейного сооружения L

На основании всего изложенного сделаны следующие **практические выводы**:

1. Значение расчетного пролета карстового провала l_d главным образом зависит от методики его определения. В инженерной практике следует применять третью методику [1, 8, 9], поскольку в первой [4, 5] и второй [6, 7] методиках имеются серьезные недостатки [1, 9], из-за которых значение величины l_d может получаться низким или равным нулю даже на достаточно сильно закарстованных территориях.

2. При вычислении расчетного пролета провала l_d наибольший габаритный размер плитного и ленточного фундаментов L , а также расчетную длину линейного сооружения L всегда следует принимать не менее среднего диаметра провалов d_{cp} .

3. В некоторых случаях (например, при проектировании зданий и сооружений, аварии которых могут сопровождаться очень большими ущербами, при стро-



ительстве объектов на участках с высокой карстовой опасностью) рекомендуется величину L принимать не менее диаметра провала d , определенного по соответствующей интегральной кривой распределения при вероятности 0,75.

Учет результатов настоящих исследований при вычислении расчетного пролета провала позволит обеспечить безопасность рассматриваемых в статье строительных объектов, которые возводятся, реконструируются и эксплуатируются на закарстованных территориях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уткин, М. М. Сравнительный анализ методик определения расчетного пролета карстового провала / М. М. Уткин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 2. – С. 61–68.

2. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений : свод правил : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 декабря 2010 года № 823 и введен в действие с 20 мая 2011 года : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Москва, 2011. – 161 с. – Текст : непосредственный.

3. Об утверждении рекомендаций по проведению инженерных изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области : утвержден Приказом Департамента градостроительного развития территории Нижегородской области от 9 апреля 2012 года № 01-10/17-1. – Нижний Новгород, 2012. – 139 с. – Текст : непосредственный.

4. Рекомендации по проектированию фундаментов на закарстованных территориях : утвержден НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР от 29 марта 1985 : дата актуализации 1 января 2019 года. – Москва, 1985. – 78 с. – Текст : непосредственный.

5. Рекомендации по использованию инженерно-геологической информации при выборе способов противокарстовой защиты : утвержден ПНИИИС Госстроя СССР от 1 января 1987 года : дата актуализации 1 января 2019 года. – Москва: Стройиздат, 1987. – 80 с. – Текст : непосредственный.

6. Tolmachev, V. V. Karst and engineering practice / V. V. Tolmachev. – Текст : непосредственный // Hydrogeology and Engineering Geology of Sinkholes and Karst : proceedings 7th multidisciplinary conference on sinkholes and the engineering and environmental impacts of karst (Harrisburg-Hershey, 10–14 April 1999). – Rotterdam. – 1999. – P. 171–178.

7. Леоненко, В. М. Определение параметров проектирования противокарстовой защиты в рамках геотехнической системы «карст-сооружение» / В. М. Леоненко, М. В. Леоненко, В. В. Толмачев. – Текст : непосредственный // РИСК-2006 : материалы Всероссийской конференции – Москва, 2006. – С. 315–318.

8. Уткин, М. М. Определение параметра проектирования конструктивной противокарстовой защиты с использованием уровня риска / М. М. Уткин. – Текст : непосредственный // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. – Москва, 2016. – Вып. 18. – С. 225–230.

9. Уткин, М. М. Параметр проектирования конструктивной противокарстовой защиты сооружений. Современное состояние вопроса / М. М. Уткин. – Текст : непосредственный // Территория геотехники. – 2017. – № 3. – С. 4–13.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа для оценки уровня карстового риска при инженерно-строительном освоении закарстованных территорий (Karst risk) / М. М. Уткин ; РОСПАТЕНТ. – № 2016615637. – 2016. – Текст : непосредственный.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программный комплекс по определению расчетного пролета карстового провала, необходимого для проектирования конструктивной противокарстовой защиты сооружений (Karst prolet) / М. М. Уткин ; РОСПАТЕНТ. – № 2016615566. – 2016. – Текст : непосредственный.



UTKIN Mikhail Mikhaylovich, candidate of technical sciences, leading engineer of karstological investigation

DETERMINATION OF THE DESIGN SPAN OF A KARST COLLAPSE FOR BUILDINGS AND STRUCTURES WITH SMALL CALCULATED DIMENSIONS IN PLAN

JSC Geo Palitra

3, Kostin St., off. 53, Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel.: +7 (920) 252-22-69;

e-mail: mike5319@rambler.ru

Key words: karst, karst collapse, design span of karst collapse, antkarst protection.

The article analyzes the influence of the overall dimensions of the plate and strip foundations, as well as the calculated length of the linear structures on the design span of karst collapse, the values of which are simultaneously determined by three methods. The example shows that for building object with a small calculated length, the design span of collapse can be understated, even on fairly karst areas. Taking into account the accumulated practical experience, solutions to the problem are proposed.

REFERENCES

1. Utkin M. M. Sravnitelny analiz metodik opredeleniya raschyotnogo prolyota karstovogo provala [Comparative analysis of definition methods of design span of karst collapse]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur-stroitel. un-t. Nizhny Novgorod, 2019, № 2. P. 61–68.
2. SP 22.13330.2011. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Soil bases of buildings and structures] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon Prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 28 dekabrya 2010 goda № 823 i vvedyon v deystvie s 20 maya 2011 goda : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.02.01-83*. Moscow, 2011, 161 p.
3. Ob utverzhdenii rekomendatsiy po provedeniyu inzhenernykh izyskaniy, proektirovaniyu, stroitelstvu i ekspluatatsii zdaniy i sooruzheniy na zakarstovannykh territoriyakh Nizhegorodskoy oblasti [About approval of recommendations on carrying out engineering survey, design, building and upkeep of buildings and construction on karst territories of Nizhny Novgorod region]: utverzhdyon Prikazom Departamenta gradostroitelnogo razvitiya territorii Nizhegorodskoy oblasti ot 9 aprelya 2012 goda № 01-10/17-1. Nizhny Novgorod, 2012, 139 p.
4. Rekomendatsii po proektirovaniyu fundamentov na zakarstovannykh territoriyakh [Recommendations on foundation design on karst territories] : utverzhdyon NIIOSP im. N. M. Gersevanova Gosstroya SSSR ot 29 marta 1985 goda : data aktualizatsii 1 yanvarya 2019 goda. Moscow, 1985, 78 p.
5. Rekomendatsii po ispolzovaniyu inzhenerno-geologicheskoy informatsii pri vybore sposobov protivokarstovoy zashchity [Recommendations on the use of engineering-and-geological information for selecting methods of antkarst protection] : utverzhdyon PNIIS Gosstroya SSSR ot 1 yanvarya 1987 goda : data aktualizatsii 1 yanvarya 2019 goda. Moscow, Stroyizdat, 1987, 80 p.
6. Tolmachev V. V. Karst and engineering practice. Hydrogeology and Engineering Geology of Sinkholes and Karst. Proceedings of the 7th multidisciplinary conference on sinkholes and the engineering and environmental impacts of karst (Harrisburg-Hershey, 10–14 April 1999). Rotterdam. 1999. P. 171–178.
7. Leonenko V. M., Leonenko M. V., Tolmachev V. V. Opredelenie parametrov proektirovaniya protivokarstovoy zashchity v ramkakh geotekhnicheskoy sistemy «karst-sooruzhenie» [Parameters determination of antkarst protection design within the “karst-construction” geotechnical system]. Materialy Vserossiyskoy konferentsii “RISK-2006” [Proceedings of the All-Russian conference “RISK-2006”]. Moscow, 2006. P. 315–318.



8. Utkin M. M. Opredelenie parametra proektirovaniya konstruktivnoy protivokarstovoy zaschity s ispolzovaniem urovnya riska [Parameter determination of constructive antakarst protection design with risk level usage]. Sergeevskie chteniya. Inzhenernaya geologiya i geokologiya. Fundamentalnye problemy i prikladnye zadachi [Sergeev readings. Engineering geology and geocology. Fundamental problems and applied tasks]. Moscow, 2016. Vyp. 18. P. 225–230.

9. Utkin M. M. Parametr proektirovaniya konstruktivnoy protivokarstovoy zaschity sooruzheniy. Sovremennoe sostoyanie voprosa [Parameter of constructive antakarst protection design of constructions. Current state of the issue]. Territoriya geotekhniki [Territory of geotechnics]. 2017, № 3. P. 4–13.

10. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM. Programma dlya otsenki urovnya karstovogo riska pri inzhenerno-stroitel'nom osvoenii zakarstovannykh territoriy (Karst risk) [Certificate on the state registration of the computer software. The software for assessment of karst risk level at construction development of karstified territories (Karst risk)] / M. M. Utkin ; ROSPATENT. № 2016615637, 2016.

11. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM. Programmy kompleks po opredeleniyu raschyotnogo prolyota karstovogo provala, neobkhodimogo dlya proektirovaniya konstruktivnoy protivokarstovoy zaschity sooruzheniy (Karst prolyot) [Certificate on the state registration of the computer software. Programme complex for definition of design span of a karst collapse for design of constructive antakarst protection of constructions (Karst prolyot)] / M. M. Utkin ; ROSPATENT. № 2016615566, 2016.

© М. М. Уткин, 2020

Получено: 23.11.2019 г.

УДК 69:528.48

Г. А. ШЕХОВЦОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра; Ю. Н. РАСКАТКИН, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительства

О КООРДИНАТНОМ СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА И РАДИУСА ЗВЕНЬЕВ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ ПОЛЯРНОГО КРАНА

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@ngasu.ru

Ключевые слова: диаметр, звено, координаты, ошибка, подкрановый путь, радиус, центр.

Рассматривается методика определения прямоугольных координат центра и радиуса звеньев, составляющих замкнутый монорельсовый путь полярного крана. Методика основана на определении координат трех точек каждого звена по приведенным в статье формулам. Выполнено знаковое моделирование, показавшее, что если эти точки лежат на одной окружности и их координаты определены безошибочно, то координаты и радиусы всех звеньев будут равны между собой. Применение координатного способа рассмотрено на конкретном примере 10-звеньевого рельсового пути полярного крана реакторного отделения АЭС.

Подъемный кран радиального действия (полярный кран) имеет широкое распространение в реакторных блоках атомных электростанций. Такой кран устанавливают на горизонтальном монорельсовом замкнутом пути, состоящим из от-

дельных дугообразных с заданной кривизной рельсовых звеньев. Геодезический контроль положения подкранового пути предусматривает проверку соответствия его геометрии требованиям нормативных документов [1, 2]. Этот контроль осуществляется как во время укладки рельсов, так и в процессе эксплуатации крана. Одними из основных условий нормальной работы полярного крана является обеспечение радиальности подкрановых рельсов и заданного расстояния между ними. Вопросы определения геометрических характеристик пути полярного крана различными способами рассматривались в работах [3–7].

В настоящее время в связи с широким внедрением в практику инженерно-геодезических работ электронных тахеометров, координатный способ может стать одним из основных. Он предусматривает непосредственное определение координат осевых точек подкрановых рельсов, по которым можно вычислить расстояние между такими диаметрально расположенными точками (ширину колеи). Однако равенство ширины колеи ее проектному значению не гарантирует правильного расположения этих точек относительно центра кранового пути. Кроме того, если в качестве координат этого центра брать среднее арифметическое из координат всех точек, то вычисленные по ним радиусы кранового пути могут не соответствовать фактическому значению радиусов отдельных его звеньев.

В статье предлагается дифференцированный координатный способ определения положения центра и радиуса звеньев рельсового пути полярного крана. Рассмотрим его выполнение на примере, который взят из работы [8]. Здесь кран был установлен на горизонтальном замкнутом пути с проектным диаметром 41,0 м и длиной окружности 128,8 м. Крановый путь был скомпонован из 10 отдельных дугообразных с заданной кривизной (радиусом $R = 20,5$ м) рельсовых звеньев 1-2-3, 3-4-5, ..., 17-18-19, 19-20-1 (рис. 1).

Для контроля подкранового пути была создана с помощью теодолита и рулетки кольцевая геодезическая сеть из пунктов, расположенных по оси рельса на расстоянии 6,4 м друг от друга [8]. Причем пункты с нечетными номерами располагались в непосредственной близости от стыков рельсов, а с четными – в центральной части звеньев. Таким образом, получили сеть из диаметрально расположенных нечетных 1-11, 3-13... и четных 2-12, 4-14... пунктов, расстояние между которыми представляет собой диаметры окружности (ширину колеи D). За начало прямоугольной системы координат $x-O-y$ был принят геометрический центр окружности рельсовой нити кранового пути.

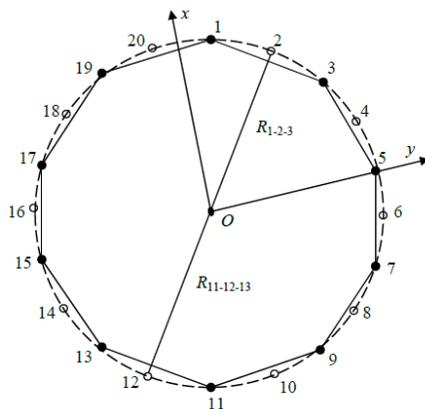


Рис. 1. Схема кольцевой геодезической сети



Обратим внимание, что каждое звено имеет по три точки 1, 2, 3 с известными координатами x_1, x_2, x_3 и y_1, y_2, y_3 . В этом случае для каждого звена можно вычислить координаты x_0 и y_0 центра его дуги по формулам, приведенным в нашей работе [9]:

$$x_0 = \frac{\Delta_x}{\Delta}, y_0 = \frac{\Delta_y}{\Delta}, \quad (1)$$

где знаменатель Δ равен:

$$\Delta = 4(x_1 - x_2)(y_1 - y_3) - 4(x_1 - x_3)(y_1 - y_2), \quad (2)$$

а числители Δ_x и Δ_y находят из выражений:

$$\Delta_x = [(x_1^2 - x_2^2) + (y_1^2 - y_2^2)](y_1 - y_3) - [(x_1^2 - x_3^2) + (y_1^2 - y_3^2)](y_1 - y_2), \quad (3)$$

$$\Delta_y = [(x_1^2 - x_3^2) + (y_1^2 - y_3^2)](x_1 - x_2) - [(x_1^2 - x_2^2) + (y_1^2 - y_2^2)](x_1 - x_3).$$

По координатам центра можно вычислить радиус R звена по формулам:

$$R = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} = \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2} = \sqrt{(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2}, \quad (4)$$

получая по ним три одинаковых значения радиуса.

Отметим, что эта задача при наличии только трех точек имеет единственное очевидное решение. При этом сразу осуществляется независимый контроль величины радиуса каждого отдельного звена и совпадения центра этого звена с центром кранового пути.

Следует сказать, что поставленная задача также может иметь одно очевидное решение даже при количестве точек больше 3 при условии, что эти точки лежат на одной окружности, и их координаты определены безошибочно. Такой вывод был подтвержден соответствующими результатами выполненного нами моделирования, которое заключалось в определении в системе $x-O-y$ координат всех точек сети по значению радиуса 20,5 м и его дирекционных углов 17,83; 35,83; 53,83; ...; 323,83; 341,83; 359,83°. Эти координаты для точек каждого звена представлены в табл. 1 (стб. 3, 4), причем средние арифметические значения из всех координат равны $x_0 = 0,000$ м и $y_0 = 0,000$ м. В таблице номер отдельного звена, который назовем четным, соответствует номеру его средней точки.

Таблица 1

**Результаты вычисления координат центров четных звеньев
и их радиусов по модели**

| Звено | Точка | Координаты точек, м | | Δ | Δ_x | Δ_y | Координаты центра, м | | Радиус R , м |
|-------|-------|---------------------|---------|----------|------------|------------|----------------------|--------|----------------|
| | | x | y | | | | x_0 | y_0 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | 1 | 19,5154 | 6,2770 | 50,844 | -0,055 | -0,043 | -0,001 | -0,001 | 20,501 |
| | 2 | 16,6205 | 12,0003 | | | | | | 20,501 |
| | 3 | 12,0988 | 16,5490 | | | | | | 20,501 |
| 4 | 3 | 12,0988 | 16,549 | 50,851 | 0,012 | 0,031 | 0,000 | 0,001 | 20,499 |
| | 4 | 6,3927 | 19,4778 | | | | | | 20,499 |
| | 5 | 0,0608 | 20,4999 | | | | | | 20,499 |
| 6 | 5 | 0,0608 | 20,4999 | 50,851 | -0,018 | 0,065 | 0,000 | 0,001 | 20,499 |
| | 6 | -6,2770 | 19,5154 | | | | | | 20,499 |
| | 7 | -12,0003 | 16,6205 | | | | | | 20,499 |



Окончание табл. 1

| Звено | Точка | Координаты точек, м | | Δ | Δ_x | Δ_y | Координаты центра, м | | Радиус R , м |
|-------|-------|---------------------|----------|----------|------------|------------|----------------------|--------|----------------|
| | | x | y | | | | x_0 | y_0 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 8 | 7 | -12,0003 | 16,6205 | 50,849 | -0,016 | 0,004 | 0,000 | 0,000 | 20,500 |
| | 8 | -16,549 | 12,0988 | | | | | | 20,500 |
| | 9 | -19,4778 | 6,3927 | | | | | | 20,500 |
| 10 | 9 | -19,4778 | 6,3927 | 50,846 | 0,047 | -0,001 | 0,001 | 0,000 | 20,501 |
| | 10 | -20,4999 | 0,0608 | | | | | | 20,501 |
| | 11 | -19,5154 | -6,2770 | | | | | | 20,501 |
| 12 | 11 | -19,5154 | -6,2770 | 50,844 | 0,055 | 0,043 | 0,001 | 0,001 | 20,501 |
| | 12 | -16,6205 | -12,0003 | | | | | | 20,501 |
| | 13 | -12,0988 | -16,549 | | | | | | 20,501 |
| 14 | 13 | -12,0988 | -16,549 | 50,851 | -0,012 | -0,031 | 0,000 | -0,001 | 20,499 |
| | 14 | -6,3927 | -19,4778 | | | | | | 20,499 |
| | 15 | -0,0608 | -20,4999 | | | | | | 20,499 |
| 16 | 15 | -0,0608 | -20,4999 | 50,851 | 0,018 | -0,065 | 0,000 | -0,001 | 20,499 |
| | 16 | 6,2770 | -19,5154 | | | | | | 20,499 |
| | 17 | 12,0003 | -16,6205 | | | | | | 20,499 |
| 18 | 17 | 12,0003 | -16,6205 | 50,849 | 0,016 | -0,004 | 0,000 | 0,000 | 20,500 |
| | 18 | 16,549 | -12,0988 | | | | | | 20,500 |
| | 19 | 19,4778 | -6,3927 | | | | | | 20,500 |
| 20 | 19 | 19,4778 | -6,3927 | 50,846 | -0,047 | 0,001 | -0,001 | 0,000 | 20,501 |
| | 20 | 20,4999 | -0,0608 | | | | | | 20,501 |
| | 1 | 19,5154 | 6,2770 | | | | | | 20,501 |

По формулам (2) и (3) подсчитаны значения Δ , Δ_x и Δ_y (стб. 5, 6, 7). По формулам (1) и (4) были найдены координаты центра каждого звена и его радиус. Результаты моделирования показали, что для всех 10 звеньев получены практически одни и те же значения координат центров $x_0 = 0,000$ м, $y_0 = 0,000$ м (стб. 8, 9) и радиусов $R = 20,5$ м (стб. 10), а все 10 окружностей сольются в одну с единым центром и радиусом.

Рассмотрим применение дифференцированного координатного способа определения положения центров и радиусов звеньев рельсового пути полярного крана на конкретном примере. В табл. 2 (стб. 3, 4) представлены прямоугольные координаты точек каждого звена кранового пути, взятые из работы [8].



Таблица 2

**Результаты вычисления координат центров четных звеньев
и их радиусов полярного крана АЭС**

| Звено | Точка | Координаты точек, м | | Δ | Δ_x | Δ_y | Координаты центра, м | | Радиус R , м |
|-------|-------|------------------------|----------|----------|------------|------------|-------------------------|--------|-------------------|
| | | x | y | | | | x_0 | y_0 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | 1 | 19,5176 | 6,2777 | 50,724 | -2,121 | -1,677 | -0,042 | -0,033 | 20,552 |
| | 2 | 16,6197 | 11,9998 | | | | | | 20,552 |
| | 3 | 12,0993 | 16,5498 | | | | | | 20,552 |
| 4 | 3 | 12,0993 | 16,5498 | 50,850 | 0,285 | 0,027 | 0,006 | 0,000 | 20,497 |
| | 4 | 6,3925 | 19,4772 | | | | | | 20,497 |
| | 5 | 0,0608 | 20,4976 | | | | | | 20,497 |
| 6 | 5 | 0,0608 | 20,4976 | 50,847 | 0,050 | 0,336 | 0,001 | 0,007 | 20,491 |
| | 6 | -6,2761 | 19,5126 | | | | | | 20,491 |
| | 7 | -11,9979 | 16,6172 | | | | | | 20,491 |
| 8 | 7 | -11,9979 | 16,6172 | 50,897 | -1,156 | 0,614 | -0,022 | 0,012 | 20,473 |
| | 8 | -16,5476 | 12,0977 | | | | | | 20,473 |
| | 9 | -19,4760 | 6,3921 | | | | | | 20,473 |
| 10 | 9 | -19,4760 | 6,3921 | 50,936 | -2,166 | 0,258 | -0,042 | 0,005 | 20,456 |
| | 10 | -20,4986 | 0,0608 | | | | | | 20,456 |
| | 11 | -19,5107 | -6,2755 | | | | | | 20,456 |
| 12 | 11 | -19,5107 | -6,2755 | 51,112 | -2,965 | -4,213 | -0,058 | -0,082 | 20,415 |
| | 12 | -16,6286 | -12,0062 | | | | | | 20,415 |
| | 13 | -12,1079 | -16,5615 | | | | | | 20,415 |
| 14 | 13 | -12,1079 | -16,5615 | 50,170 | 2,872 | 14,235 | 0,057 | 0,284 | 20,779 |
| | 14 | -6,3899 | -19,4694 | | | | | | 20,779 |
| | 15 | -0,0608 | -20,4946 | | | | | | 20,779 |
| 16 | 15 | -0,0608 | -20,4946 | 50,880 | 0,656 | -0,799 | 0,013 | -0,016 | 20,479 |
| | 16 | 6,2763 | -19,5134 | | | | | | 20,479 |
| | 17 | 11,9999 | -16,6200 | | | | | | 20,479 |
| 18 | 17 | 11,9999 | -16,6200 | 50,836 | -0,152 | 0,088 | -0,003 | 0,002 | 20,502 |
| | 18 | 16,5482 | -12,0982 | | | | | | 20,502 |
| | 19 | 19,4769 | -6,3924 | | | | | | 20,502 |
| 20 | 19 | 19,4769 | -6,3924 | 50,754 | -1,886 | 0,272 | -0,037 | 0,005 | 20,536 |
| | 20 | 20,4988 | -0,0608 | | | | | | 20,536 |
| | 1 | 19,5176 | 6,2777 | | | | | | 20,536 |

По приведенным выше формулам (1) – (4) были подсчитаны координаты центров каждого звена (стб. 8, 9) и их радиусы (стб. 10).

Для наглядности построен график, показывающий значения фактических координат x_0 и y_0 центра каждого звена кранового пути (рис. 2).

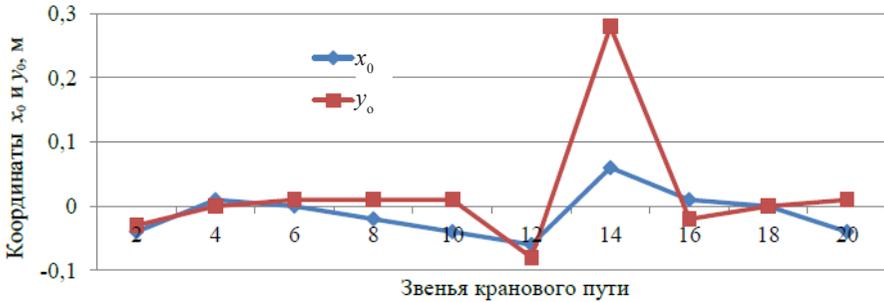


Рис. 2. Значения координат центров четных звеньев кранового пути

В работе [8] по прямоугольным координатам x_i и y_i только нечетных пунктов были найдены их средние арифметические значения, которые оказались равными $x_0 = 0,000$ м и $y_0 = 0,000$ м. Они были приняты за координаты центра окружности кранового пути. Затем, путем решения обратной геодезической задачи, вычисляли ширину колеи D_i и радиусы R_i , используя координаты уже всех точек и центра.

Если вычисление ширины колеи по значениям координат диаметрально расположенных точек сети не вызывает сомнения, то вычисленные по средним арифметическим значениям координат центра кранового пути радиусы могут не соответствовать фактическому значению координат центров отдельных звеньев.

Так, на рис. 2 отчетливо видно, что условию $x_0 = 0,000$ м удовлетворяют только два звена 6 и 18, а условию $y_0 = 0,000$ м – звенья 4 и 18. Значения координат центров звеньев 12 и 14 резко отличаются от нуля соответственно на -60 и -80 мм и $+60$ и $+280$ мм.

Для наглядности также построен график, показывающий значения фактических радиусов каждого звена кранового пути (рис. 3).

Как видно из рис. 3, проектному радиусу 20,5 м соответствуют радиусы только 4, 6 и 18 звеньев. В остальных случаях вычисленные путем решения обратной геодезической задачи величины $O-2$, $O-8$, $O-10$, $O-12$, $O-14$, $O-16$ и $O-20$ будут представлять собой просто расстояния от центра O до этих звеньев, каждое из которых имеет свой радиус.



Рис. 3. Значения радиусов четных звеньев кранового пути

Так, например, называемое радиусом расстояние $O-14$, по данным [8], составляет 20,491 м, в то время как радиус этого звена равен 20,779 м, то есть больше на 0,288 м.



Таким образом, применение дифференцированного координатного способа позволяет сразу определять фактические координаты центра каждого звена кранового пути и его радиус. Для полноты картины определим координаты центров и радиусы так называемых нечетных «звеньев», средней точкой которых является стык рельсов (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты вычисления координат центров нечетных «звеньев»
и их радиусов полярного крана АЭС**

| Звено | Точка | Координаты точек, м | | Δ | Δ_x | Δ_y | Координаты центра, м | | Радиус R , м |
|-------|-------|------------------------|---------|----------|------------|------------|-------------------------|--------|-------------------|
| | | x | y | | | | x_0 | y_0 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 20 | 20,499 | 0,000 | 50,298 | 3,120 | 1,049 | 0,062 | 0,021 | 20,437 |
| | 1 | 19,518 | 6,277 | | | | | | 20,437 |
| | 2 | 16,620 | 12,000 | | | | | | 20,437 |
| 3 | 2 | 16,620 | 12,000 | 50,947 | 1,321 | 1,806 | 0,026 | 0,035 | 20,458 |
| | 3 | 12,100 | 16,550 | | | | | | 20,458 |
| | 4 | 6,393 | 19,477 | | | | | | 20,458 |
| 5 | 4 | 6,393 | 19,477 | 50,828 | 0,157 | -0,328 | 0,003 | -0,006 | 20,505 |
| | 5 | 0,061 | 20,498 | | | | | | 20,505 |
| | 6 | -6,276 | 19,513 | | | | | | 20,505 |
| 7 | 6 | -6,276 | 19,513 | 50,735 | 1,153 | -1,709 | 0,023 | -0,034 | 20,536 |
| | 7 | -11,998 | 16,617 | | | | | | 20,536 |
| | 8 | -16,547 | 12,098 | | | | | | 20,536 |
| 9 | 8 | -16,547 | 12,098 | 50,823 | 0,319 | -0,143 | 0,006 | -0,003 | 20,505 |
| | 9 | -19,476 | 6,392 | | | | | | 20,505 |
| | 10 | -20,499 | 0,061 | | | | | | 20,505 |
| 11 | 10 | -20,499 | 0,061 | 50,401 | 9,434 | 2,060 | 0,187 | 0,041 | 20,686 |
| | 11 | -19,511 | -6,275 | | | | | | 20,686 |
| | 12 | -16,629 | -12,006 | | | | | | 20,686 |
| 13 | 12 | -16,629 | -12,006 | 51,606 | -10,388 | -11,592 | -0,201 | -0,225 | 20,215 |
| | 13 | -12,108 | -16,561 | | | | | | 20,215 |
| | 14 | -6,390 | -19,469 | | | | | | 20,215 |
| 15 | 14 | -6,390 | -19,469 | 50,828 | 0,552 | -0,133 | 0,011 | -0,003 | 20,492 |
| | 15 | -0,061 | -20,495 | | | | | | 20,492 |
| | 16 | 6,276 | -19,514 | | | | | | 20,492 |
| 17 | 16 | 6,276 | -19,514 | 50,882 | 0,578 | -0,646 | 0,011 | -0,013 | 20,482 |
| | 17 | 12,000 | -16,620 | | | | | | 20,482 |
| | 18 | 16,548 | -12,099 | | | | | | 20,482 |
| 19 | 18 | 16,548 | -12,099 | 51,564 | 0,115 | -0,048 | 0,002 | -0,001 | 20,497 |
| | 19 | 19,477 | -6,393 | | | | | | 20,497 |
| | 20 | 20,499 | 0,000 | | | | | | 20,497 |



По данным табл. 3 построены графики, наглядно показывающие значения координат центра и радиус каждого нечетного «звена» (рис. 4, 5). Наибольшие отклонения координат от нуля и радиусов от проектного значения наблюдаются у 11-го и 13-го звеньев.

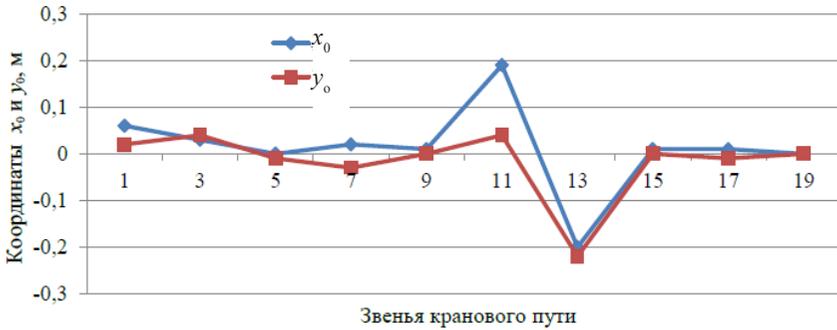


Рис. 4. Значения координат центров нечетных «звеньев» кранового пути



Рис. 5. Значения радиусов нечетных звеньев кранового пути

На рис. 6 представлены вместе значения координат x_1, y_1 центров четных и x_2, y_2 центров нечетных звеньев кранового пути. В обоих случаях наибольшие отклонения координат центров от нуля до 300 мм имеют место между 10-й и 15-й точками кранового пути.

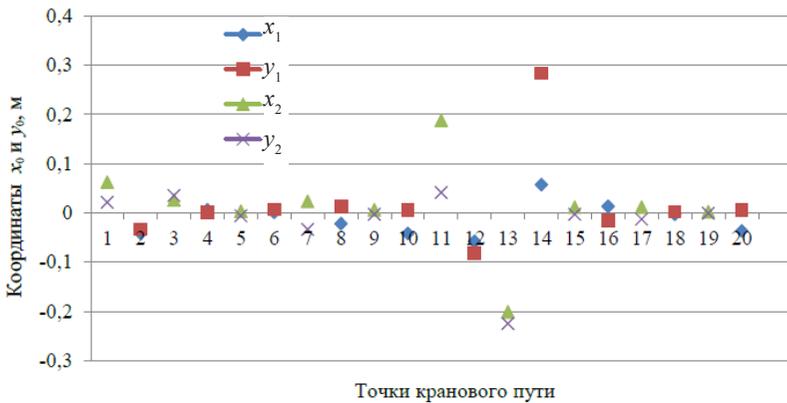


Рис. 6. Значения координат центров четных и нечетных звеньев кранового пути



На рис. 7 представлены значения разностей между вычисленными в работе [8] радиусами R кранового пути и фактическими радиусами R_1 и R_2 четных и нечетных звеньев этого пути. Наибольшие расхождения до 300 мм имеют место между 10-й и 16-й точками кранового пути.

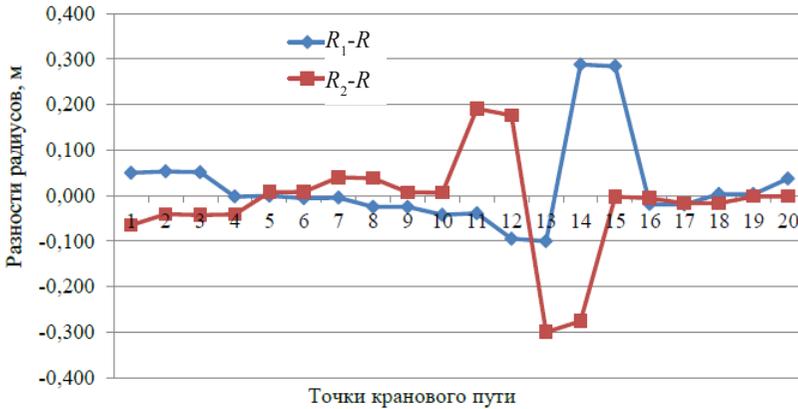


Рис. 7. Разности между радиусами из работы [8] и радиусами четных и нечетных звеньев кранового пути

В заключение обратим внимание на выводы, сделанные в работе [8]: «основное влияние на недопустимые значения ширины колеи оказывают положения звена между стыками 6–7 (13-я точка) и звена между стыками 7–8 (14-я точка)», то есть как раз в упомянутых нами выше местах.

Дополнительными измерениями авторами цитируемой работы [8] была выявлена деформация звена между стыками 7–8. Возможной причиной этой деформации как раз и являются отклонения фактических центров звеньев от нуля и их радиусов от номинала 20,5 м. Поэтому, на наш взгляд, представляют интерес исследования влияния таких отклонений центров и радиусов звеньев на нормальную работу полярного крана.

Установлено, что больше половины звеньев имеют координаты центров и радиусы, отличающиеся от проектных значений. В местах наибольших отклонений (до 300 мм) выявлена деформация звена, вызвавшая недопустимые значения ширины колеи. Представляется рациональным организация исследований влияния отклонений центров и радиусов звеньев от проектных на нормальную работу полярного крана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов : (ПБ 10-382-00) : утверждены Постановлением Госгортехнадзора Российской Федерации от 31.12.1999 N 98 : (редакция от 28.10.2008). – Москва : НПО ОБТ, 2001. – 266 с. : ил. – ISBN 5-88902-081-1 : 203-70. – Текст : непосредственный.
2. Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин : (РД 10-138-97) : утвержден постановлением Госгортехнадзора России от 28.03.97 № 14 : дата введения 1997-04-01. – Москва : НПО ОБТ, 2004. – 38 с. – Текст : непосредственный.
3. Уставич, Г. А. Методы контроля подъемного оборудования на АЭС / Г. А. Уставич, С. В. Демин. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 1988. – № 3. – С. 28–32.
4. Бурак, К. Е. Расчет оптимальных данных для рихтовки пути полярного крана реак-



торного отделения АЭС / К. Е. Бурак. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 1992. – № 7. – С. 23–26.

5. Бурак, К. Е. О контроле за состоянием подкранового пути полярного крана реакторного отделения АЭС / К. Е. Бурак. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 1993. – № 5. – С. 20–22.

6. Съемка подкрановых путей полярного крана АЭС / Г. А. Уставич, А. В. Кошелев, С. И. Шестаков, П. П. Мурзинцев, А. М. Русков. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 1994. – № 10. – С. 13–15.

7. Бурак, К. Е. Геодезические работы для расчета рихтовки пути полярных кранов АЭС / К. Е. Бурак, П. Ф. Шпаковский, В. П. Малов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 1996. – № 12. – С. 22–25.

8. Дувидович, Д. И. Опыт косвенного измерения диаметра кранового пути полярного крана АЭС / Д. И. Дувидович, Ю. И. Кирочкин, А. С. Липатов. – Текст : непосредственный // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2005. – № 5. – С. 22–26.

9. Шеховцов, Г. А. Определение положения и радиуса сечений сооружений башенного типа круглой формы односторонним координатным способом / Г.А. Шеховцов, Ю. Н. Раскаткин, М. М. Шульц. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 3. – С. 26–31.

SHEKHOVTSOV Gennady Anatolevitch, doctor of technical sciences, professor of the chair of geoinformatics, geodesy and cadastre; RASKATKIN Yury Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of building technology

ABOUT A COORDINATE METHOD OF DETERMINATION OF POSITION OF THE CENTER AND RADIUS OF LINKS OF A RAIL TRACK OF THE POLAR CRANE

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

Key words: diameter, link, coordinates, error, crane path, radius, center.

The article considers methods of determining rectangular coordinates of the center and radius of the links that make up a closed monorail path of a polar crane. The technique is based on determination of coordinates of three points of each link by the formulas given in the article. A sign simulation was performed, which showed that if these points lie on the same circle and their coordinates are determined correctly, then the coordinates and radii of all links will be equal to each other. The application of the coordinate method is considered on a specific example of a 10-link rail track of the polar crane of the reactor department of the NPP.

REFERENCES

1. Pravila ustroystva i bezopasnoy ekspluatatsii kranov [Rules of assembly and safe operation of cranes]. PB 10-382-00 : utverzhdeny Postanovleniem Gosgortekhnadzora Rossiyskoy Federatsii ot 31.12.1999 № 98 : redaktsiya ot 28.10. 2008. Moscow: NPO OBT. 2001. 266 p.: il. ISBN 5-88902-081-1 : 203-70.

2. Kompleksnoe obsledovanie kranovykh putey gruzopodyomnykh mashin [Complex inspection of crane ways of load-lifting machines]. RD 10-138-97: utverzhdyon postanovleniem Gosgortekhnadzora Rossii ot 28.03.97 № 14: data vvedeniya 1997-04-01. Moscow. NPO OBT, 2004, 38 p.

3. Ustavich G. A., Dyomin S. V. Metody kontrolya podyomnogo oborudovaniya na AES [Methods of control of lifting equipment at nuclear power plants]. Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]. 1988. № 3. P. 28–32.



4. Burak K. E. Raschyot optimalnykh dannykh dlya rikhtovki puti polyarnogo krana reaktornogo otdeleniya AES [Calculation of optimal data for straightening the path of the polar crane of the reactor department of a NPP]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and cartography]. 1992. № 7. P. 23–26.

5. Burak K. E. O kontrole za sostoyaniem podkranovogo puti polyarnogo krana reaktornogo otdeleniya AES [About control of the condition of a crane parth of a polar crane of reactor department of a NPP]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and cartography]. 1993. № 5. P. 20–22.

6. Ustavich G. A., Koshelev A. V., Shestakov S. I., Mursintsev P. P., Ruskov A. M. Syomka podkranovykh putey polyarnogo krana AES [Survey of crane runways of a nuclear power plant polar crane]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and cartography]. 1994. № 10. P. 13–15.

7. Burak K. E., Shpakovskiy P. F., Malov V. P. Geodezicheskie paboty dlya raschyota rikhtovki puti polyarnykh kranov AES [Geodetic works for calculating the straightening of the path of polar cranes of nuclear power plants]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and cartography]. 1996. № 12. P. 22–25.

8. Duvidovich D. I., Kirochkin Yu. I., Lipatov A. S. Opyt kosvennogo izmereniya diametra kranovogo puti polyarnogo krana AES [Experience of indirect measurement of the diameter of the crane track of a polar crane of nuclear power plants]. *Remont, vosstanovlenie, modernisaziya* [Repair, restoration, modernization]. 2005. № 5. P. 22–26.

9. Shekhovtsov G. A., Raskatkin Yu. N., Shults M. M. Opredelenie polozheniya i radiusa secheniy sooruzheniy bashennogo tipa krugloy formy odnostoronnim koordinatnym sposobom [Determination of the position and radius of sections of tower-type structures of circular shape in a unilateral coordinate manner]. *Izvestiya vuzov. «Geodeziya i aerophotosyomka»* [News of higher education institutions. Geodesy and cartography]. 2015. № 3. P. 26–31.

© Г. А. Шеховцов, Ю. Н. Раскаткин, 2020

Получено: 27.12.2019 г.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 628.8.02

А. С. ШИБЕКО, ст. преп. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции;
П. Ю. КОСЬКО, студент; **Т. И. ГУТОР**, студент

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ ОТ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ЧЕРЕЗ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Белорусский национальный технический университет

Беларусь, 220013, г. Минск, пр-т Независимости, д. 65, к. 1. Тел.: +375 (17) 293-93-52;
факс: +375 (17) 292-76-22; эл. почта: alesjsh@mail.ru

Ключевые слова: вторичная теплоотдача внутрь помещения; коэффициент поглощения; прямое, рассеянное и отраженное излучение; солнечный фактор; тепловой поток.

Рассмотрена математическая модель для определения удельных тепловых потоков компонентов солнечного излучения. Предложено выражение для определения удельного потока теплоты, поступающего в помещение от солнечного излучения. Показано, что при определении удельного теплового потока, поступающего от остекления из-за наличия разности температур, необходимо использовать модифицированное сопротивление теплопередаче остекления.

Необходимость развития и корректировки метода расчета теплопоступлений от солнечной радиации через заполнения световых проемов связана с несколькими причинами. Основная из них – это устаревшие данные и положения, приводимые в справочной литературе. Интенсивное развитие строительной науки, новые сведения о физических свойствах конструктивных элементов световых проемов, поиск новых решений в использовании строительных материалов, применение физико-математических методов исследований требуют совершенствования и повышения адекватности методов расчета поступления теплоты в среду обитания человека от солнечного излучения реальным динамическим процессам.

В настоящее время нормативной основой для расчета теплопоступлений от солнечного излучения является пособие 2.91 к СНиП 2.04.05–91 [1] и «Справочник проектировщика» [2], в которых приведены расчетные выражения и пояснения к ним, разработанные на основании работ проф. В. Н. Богословского и его учеников [3]. Можно отметить также работы Л. А. Гулабянца, Л. Ф. Янкелева, Б. Т. Елагина [4, 5], посвященные методам расчета теплопоступлений от солнечной радиации.

Первым этапом развития метода возможно уточнение климатологических данных. Если значения температуры и амплитуды суточного хода температуры наружного воздуха подвергаются корректировке с определенной периодичностью [6, 7, 8], то значения удельных тепловых потоков прямого S , Вт/м² и рассеянного D , Вт/м² падающего солнечного излучения при безоблачном небе остаются неизменными [1, 6]. Впервые по результатам актинометрических наблюдений на 98 станциях Советского Союза за период исследований не менее 4 лет для всех географических широт с шагом 2° значения S и D для вертикальных и горизонтальных поверхностей были представлены в работе А. И. Кругловой [10]. В работах [11, 12] на основании обработки экспериментальных данных предложены выражения для определения потоков S и D . Их существенный недостаток заключается в том, что они



определены по средним значениям для определенной географической широты, в то время как S и D зависят от множества факторов, из которых немаловажным является, например, высота местности над уровнем моря. Сведения об удельных тепловых потоках солнечной радиации с 06.30 до 18.30 с интервалом 3 часа для метеостанций Минск и Василевичи приводятся в [13]. Более современным является метод расчета удельных тепловых потоков прямой и рассеянной солнечной радиации, изложенный в [14]. Значения, необходимые для расчета, определены в рамках исследовательского проекта ASHRAE RP-145 и сведены в таблицы для 21-го числа каждого месяца (со значениями можно ознакомиться на сайте <http://ashrae-meteo.info>). Для Республики Беларусь значения даны для 19 метеостанций за период наблюдений с 1990 по 2014 гг.

Отсутствие данных о коэффициенте относительного пропускания солнечной радиации через заполнение светового проема k_{rel} для современных остеклений и многообразие выпускаемых видов стекла вызывают необходимость в использовании прочих оптических характеристик остекления, поиск которых не вызовет больших затруднений. Ранее в [15] было предложено уравнение для расчета удельного теплового потока вследствие поступления солнечного излучения q_r на основе применения солнечного фактора – отношения общего теплового потока, поступающего в помещение, к тепловому потоку падающего солнечного излучения. Однако оно справедливо при угле падения $\theta = 0^\circ$ и с небольшой погрешностью для остеклений с обычным флоат-стеклом при углах падения до 40° (рис. 1). В реальности значения угла падения изменяются в широких пределах в зависимости от ориентации и географической широты местности.

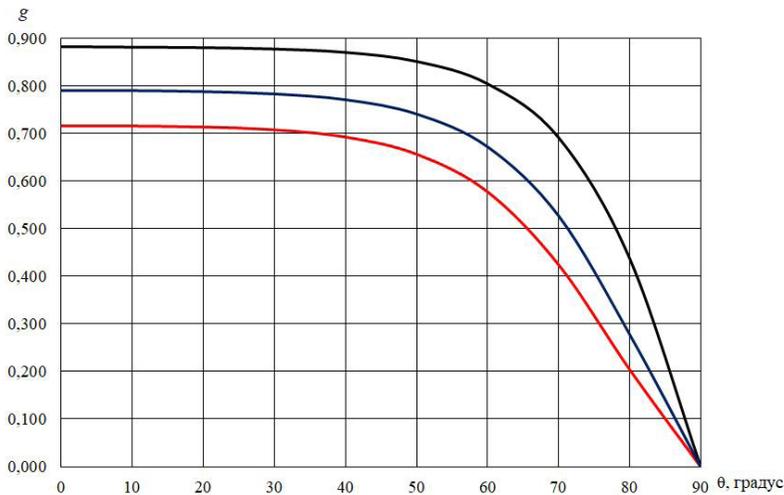


Рис. 1. Зависимость солнечного фактора от угла падения лучей: 1 – одинарного остекления; 2 – однокамерного; 3 – двухкамерного стеклопакета

Солнечный фактор g (коэффициент общего пропускания солнечной энергии, англ. *solar factor*, или *total solar energy transmittance*) в справочной литературе и в нормативных источниках определяется при $\theta = 0^\circ$ и в основном используется в европейских документах. В США используется коэффициент теплопритока солнечного излучения $SHGC$ (*solar heat gain coefficient*), который идентичен сол-



нечному фактору. В общем случае оба эти коэффициента равны сумме коэффициентов прямого пропускания энергии T_{gl} и вторичной теплоотдачи внутрь помещения q_{in} (рис. 2). Различия между коэффициентами заключаются в основном в граничных условиях. Для упрощения расчетов можно применять специальные программы, например, *WINDOW*, разработанную Национальной лабораторией имени Лоуренса в Беркли (*Berkeley Lab, LBNL*) [16], находящуюся в свободном доступе. В программе содержатся сведения из Международной базы данных остеклений (*IGDB*) о светотехнических показателях стекол от ведущих производителей (*Guardian Glass, Pilkington, Saint-Gobain Glass* и др.), которые используются не только в США, но и по всему миру.

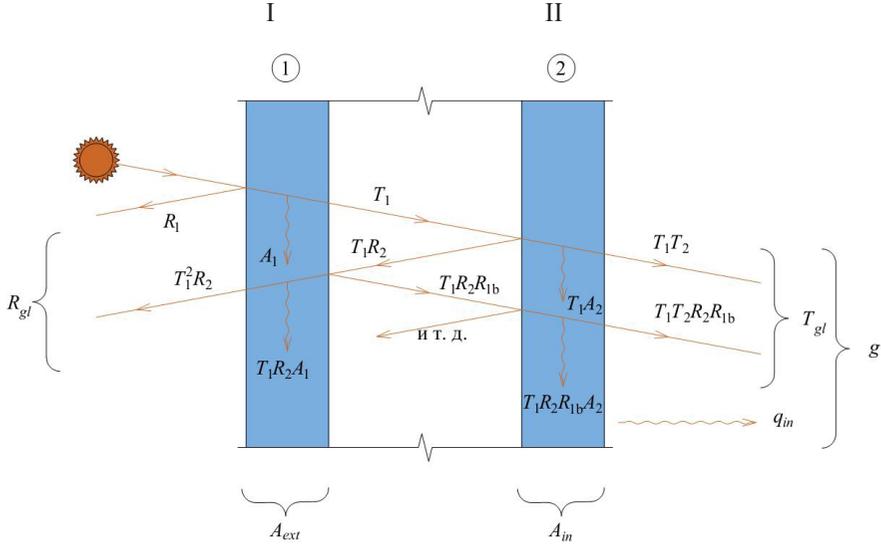


Рис. 2. Схема лучистых потоков в двухслойном остеклении: A – поглощение; R – отражение; R_b – отражение с тыльной стороны остекления; T – пропускание; q – вторичная теплоотдача; g – солнечный фактор; I – наружное стекло; II – внутреннее стекло

Удельный поток теплоты, поступающий в помещение от солнечного излучения q_r , будет рассчитываться по выражению:

$$q_r = (Sg_b k_{ins} + (D + R)g_d k_{ir})k_{sh} \tau_2, \quad (1)$$

где:

- g_b и g_d – солнечный фактор для прямого и рассеянного излучения;
- k_{ins} и k_{ir} – коэффициент инсоляции и облученности;
- R – удельный тепловой поток падающей на ограждение рассеянной солнечной радиации, Вт/м²;
- k_{sh} – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств, при их отсутствии $k_{sh} = 1$;
- τ_2 – коэффициент затенения светового проема переплетами.

Сравнение удельных потоков теплоты, поступающих в помещение от солнечного излучения q_r , для горизонтального светового проема с различными типами остеклений для условий города Минска приведено на рис. 3. Штриховой линией соединены значения, полученные по данным, изложенным в [2], сплошной – значения, полученные по выражению (1) и с учетом уточненных климатологических данных. Принято, что при расчетах используется стекло *Pilkington Optifloat™ Clear 4 мм*.

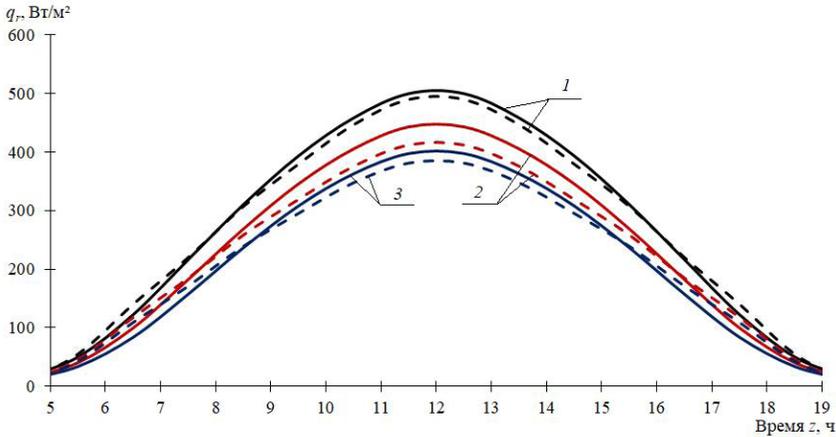


Рис. 3. Сравнение удельных потоков q_r для горизонтального светопроема: 1 – одинарное стекло; 2 – однокамерный стеклопакет 4-12-4; 3 – двухкамерный стеклопакет 4-12-4-12-4

Различие в значениях объясняется тем, что при расчете с использованием солнечного фактора учитывается также конвективная составляющая, возникающая из-за разности температур внутреннего стекла и внутреннего воздуха, вызванной поглощением части солнечной радиации остеклением (эквивалентная температурная добавка).

При расчете теплового потока q_{ht} , Вт/м², поступающего в помещение из-за разности температур, в [2] приводится выражение:

$$q_{ht} = \frac{t_{ext} + \Delta t_{eq} - t_{in}}{R_0}. \quad (2)$$

где:

t_{ext} , t_{in} – расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха соответственно, °С;

Δt_{eq} – эквивалентная температурная добавка, °С

$$\Delta t_{eq} = \frac{(Sk_{ins} + Dk_{iv})\rho_{II}\tau_2}{h_{ext}}; \quad (3)$$

R_0 – сопротивление теплопередаче светового проема, м²·К/Вт.

В выражении (3) ρ_{II} – приведенный коэффициент поглощения солнечной радиации заполнением световых проемов; в пособии [1] величина Δt_{eq} отсутствует.

Перечень остеклений, для которых приведена величина ρ_{II} , невелик, поэтому для определения удельного теплового потока, поступающего от остекления в результате поглощения излучения и наличия разности температур, необходимо рассмотреть тепловые балансы стекол: теплота, поглощенная стеклом, увеличивает его температуру и передается окружающим стекло средам. Например, для тройного остекления можно записать уравнения:

$$q_{ab1} = h_{ext}(t_1 - t_{ext}) + \frac{h_{c-ext}}{2}(t_1 - t_2); q_{ab2} = \frac{h_{c-ext}}{2}(t_2 - t_1) + \frac{h_{c-in}}{2}(t_2 - t_3);$$

$$q_{ab3} = \frac{h_{c-in}}{2}(t_3 - t_2) + h_m(t_3 - t_m),$$



где:

q_{ab1} , q_{ab2} и q_{ab3} – удельные тепловые потоки, Вт/м² солнечного излучения, поглощенного наружным, центральным и внутренним стеклом соответственно;

h_{c-ext} , h_{c-in} , h_{in} – коэффициент теплообмена, Вт/(м²·К) в наружной, внутренней камере и внутренней поверхности соответственно;

t_1 , t_2 и t_3 – температуры, °С наружного, центрального и внутреннего стекла соответственно;

t_{ext} , t_{in} – расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха соответственно, °С.

В выражениях термическое сопротивление слоев стекла не учитывается, т. к. оно достаточно невелико.

Удельный поток теплоты, поступающий в помещение от внутреннего стекла, будет равен

$$q_{ht} = h_{in}(t_3 - t_{in}). \quad (4)$$

Решая систему уравнений теплового баланса относительно температуры внутреннего стекла t_3 и подставляя t_3 в предыдущее выражение, авторами получено уравнение:

$$q_{ht} = \frac{1}{r_0} \left(\frac{q_{ab1} + q_{ab2} + q_{ab3}}{h_{ext}} + t_{ext} - t_{in} + \frac{2q_{ab3}}{h_{c-in}} \left(1 + \frac{h_{c-in}}{h_{c-ext}} \right) + \frac{2q_{ab2}}{h_{c-ext}} \right), \quad (5)$$

где $r_0 = 1/h_{ext} + 2/h_{c-ext} + 2/h_{c-in} + 1/h_{in} = R_0 + 1/h_{c-ext} + 1/h_{c-in} = 2R_0 - 1/h_{ext} - 1/h_{in}$, м²·К/Вт.

Величину r_0 предлагается назвать «модифицированным сопротивлением теплопередаче».

Сумма дробей в скобках является эквивалентной температурной добавкой Δt_{eq} . Отношение данной суммы к r_0 является тепловым потоком q_{ab-in} , Вт/м², который поступает в помещение от внутреннего стекла из-за поглощения части потока солнечной радиации. Отношение q_{ab-in}/I , где I – суммарный удельный тепловой поток солнечной радиации, является вторичной теплоотдачей внутрь помещения q_{in} . Как уже упоминалось, данная величина является составляющей солнечного фактора и уже учтена в выражении (1). Тогда q_{ht} при использовании солнечного фактора должно рассчитываться по выражению:

$$q_{ht} = \frac{t_{ext} - t_{in}}{r_0}. \quad (6)$$

Исходя из вышеизложенного, используемые в справочных изданиях выражения не вполне корректны, так как в них разность расчетных температур наружного (с учетом гармонического изменения в течение суток) и внутреннего воздуха относится к сопротивлению теплопередаче остекления, однако в соответствии с выражением (5) разность должна относиться к модифицированному сопротивлению теплопередаче остекления. Если для одинарного остекления ошибки в замене r_0 на R_0 не будет, то по мере возрастания сопротивления теплопередаче остекления ошибка будет стремиться к 100 %. Например, для стеклопакета 4-12-4 ошибка ориентировочно составляет 47 %, а для стеклопакета 4-12-4-12-4 – уже 66 %. Следовательно, при одной и той же разности температур наружного и внутреннего воздуха удельный тепловой поток q_{ht} для первого остекления будет завышен в 1,47 раза, а для второго – в 1,66, что приведет к увеличению мощности климатического оборудования и затрат на системы вентиляции и кондиционирования воздуха.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещение : пособие 2.91 к СНиП 2.04.05–91 : утвержден Ордена Трудового Красного Знамени арендным предприятием Промстройпроект от 1 января 1993 г. – Москва : Промстройпроект, 1993. – 35 с. – Текст : непосредственный.
2. Внутренние санитарно-гигиенические устройства. В 3 частях. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1 / В. Н. Богословский [и др.] ; под. ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1992. – 319 с. – (Справочник проектировщика). – Текст : непосредственный.
3. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : учебник для вузов / В. Н. Богословский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1982. – 415 с. – Текст : непосредственный.
4. Янкелев, Л. Ф. Расчет теплопоступлений через инсолируемое остекление / Л. Ф. Янкелев, Л. А. Гулябянц. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 1968. – № 2. – С. 9–14.
5. Елагин, Б. Т. Основы теплофизики ограждающих конструкций зданий / Б. Т. Елагин. – Киев ; Донецк : Вища школа, 1977. – 96 с. – Текст : непосредственный.
6. Строительная климатология и геофизика : СНиП 2.01.01–82 : строительные нормы и правила : утверждены постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 21 июля 1982 г. № 188 : дата введения 1984-01-01 : взамен СНиП II-A.6–72. – Москва, 1983. – 137 с. – Текст : непосредственный.
7. Строительная климатология: СНБ 2.04.02–2000 : строительные нормы Республики Беларусь : утверждены Приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 7 декабря 2000 г. № 563 : дата введения 2001-07-01 : взамен СНиП 2.01.01–82. – Минск, 2001. – 40 с. – Текст : непосредственный.
8. Строительная климатология : изменение № 1 СНБ 2.04.02–2000 : строительные нормы Республики Беларусь : утверждены Приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 2 апреля 2007 года № 87 : дата введения 2007-07-01 : взамен СНиП 2.01.01–82. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 35 с. – Текст : непосредственный.
9. Строительная климатология : справочное пособие к СНиП 23-01-99* / В. К. Савин [и др.]. – Москва : НИИ строит. физики РАН, 2006. – 257 с. : ил. – ISBN 5-902630-04-5 : 1725-00; 2299-22; 1454-62. – Текст : непосредственный.
10. Круглова, А. И. Климат и ограждающие конструкции / А. И. Круглова. – Москва : Стройиздат, 1970. – 166 с. – Текст : непосредственный.
11. Сивков, С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации / С. И. Сивков. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1968. – 232 с. – Текст : непосредственный.
12. Токарева, Е. Ф. Определение поступлений прямой солнечной радиации на вертикальные поверхности разной ориентации / Е. Ф. Токарева. – Киев : КиевЗНИИЭП, 1971. – 12 с. – Текст : непосредственный.
13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, Многолетние данные / Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, Белорусское республиканское управление по гидрометеорологии и контролю природной среды. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1987. – (Вып. 7. Белорусская ССР. Ч. 1–6.). – 302 с. – Текст : непосредственный.
14. 2017 ASHRAE Handbook. Fundamentals. – Текст : непосредственный // American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. – Atlanta, 2017. – 1088 p.
15. Борухова, Л. В. Совершенствование методики расчета теплопоступлений через светопрозрачные конструкции и рекомендации по их уменьшению / Л. В. Борухова, А. С. Шибекко. – Текст : непосредственный // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2016. – Том 59, № 1. – С. 68–78.
16. WINDOW Technical Documentation / С. Curcija, S. Vidanovic, R. Hart, J. Jonsson, R. Mitchell. – Berkeley : Lawrence Berkeley National Laboratory, 2018. – 220 p. – Текст : непосредственный.



SHIBEKO Aleksandr Sergeevich, senior teacher of the chair of heat and gas supply and ventilation; KOSKO Pavel Yurevich, student; GUTOR Timofey Igorevich, student

IMPROVEMENT OF A METHOD FOR CALCULATING HEAT GAINS FROM SOLAR RADIATION THROUGH TRANSLUCENT STRUCTURES

Belarusian National Technical University

65, Nezavisimosty Ave., Minsk, 220013, Belarus. Tel.: +375 (17) 293-93-52; fax: +375 (17) 292-76-22; e-mail: alesjsh@mail.ru

Key words: absorption; direct, diffuse and ground-reflected solar irradiance; solar factor; heat flux, secondary heat transfer factor.

A mathematical model for determining the specific heat fluxes of solar radiation components is considered. An expression is proposed for determining the specific heat flux entering the room from solar radiation. It is shown that when determining the specific heat flux coming from the glazing due to the presence of a temperature difference, it is necessary to use a modified glazing heat transfer resistance.

REFERENCES

1. Raschet postupleniya teploty solnechnoy radiatsii v pomeshcheniye : pososbiye 2.91 k SNiP 2.04.05–95 [Estimation of Solar Radiation Heat Inflow to the Apartment : Aid 2.91 to SNiP 2.04.05–91]. Moscow, Promstroyproyekt, 1993, 35 p.
2. Bogoslovskiy V. N., Pirumov A. I., Posokhin V. N., Berezina N. I., Dviniyanikov V. V., Egiazarov A. G., Krupnov B. A., Leskov E. A., Fialkovskaia T. A., Shapritskii V. N., Shilkrot E. O., Aleksandrov A. I., Kushelman G. S., Moor L. F., Moshkin V. I., Nevskii V. V., Orlov V. A., Petrov B. S., Pylaev E. N. Vnutrenniye sanitarno-gigiyenicheskiye ustroystva. Chast 3. Ventilyatsiya i konditsionirovaniye vozdukha. Kniga 1 [Interior Sanitary-and-Hygienic Installations. P. 3. Ventilation and Air-Conditioning. Book 1]. Moscow: Stroyizdat, 1992, 319 p.
3. Bogoslovskiy V. N. Stroitel'naya teplofizika (teplofizicheskiye osnovy otopeniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha) [Constructional Thermophysics (Thermophysical Principia of Heating, Ventilation and Air-Conditioning)]. Moscow, Vysshaya shkola, 1982, 415 p.
4. Yankelev L. F., Gulabyants L. A. Raschet teplopostupleniy cherez insulirovannoye ostekleniye [Calculation of heat gain through insulated glazing]. Vodospabzheniye i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary equipment]. 1968. Vol. 2. P. 9–14.
5. Yelagin B. T. Osnovy teplofiziki ograzhdayushchikh konstruktivnykh zdaniy [Fundamentals of Thermophysics of building envelopes]. Kiyev–Donetsk, Vyshcha shkola, 1977, 96 p.
6. Stroitel'naya klimatologiya i geofizika [Climatology and Geophysics for Construction] : SNiP 2.01.01–82. Moscow, Stroyizdat, 1983, 137 p.
7. Stroitel'naya klimatologiya [Climatology for Construction] : SNB 2.04.02–2000. Minsk, Publishing House of Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2001, 40 p.
8. Stroitel'naya klimatologiya. Izmeneniye №1 SNB 2.04.02–2000 [Climatology for Construction. Change № 1 SNB 2.04.02–2000]. Minsk, Publishing House of Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2007, 35 p.
9. Savin V. K., Krasnov M. I., Shubin I. L., Volkova N. G., Kozina D. A., Kolesnikov V. P. Stroitel'naya klimatologiya. Spravochnoye posobiye k SNiP 23-01-99* [Climatology for Construction. Reference aid to SNiP 23-01-99*]. Moscow, Research Institute of Constructional Physics RAACS, 258 p.
10. Kruglova A. I. Klimat i ograzhdayushchiye konstruktivnyye [Climate and building envelope]. Moscow, Stroyizdat, 1970, 166 p.
11. Sivkov S. I. Metody rascheta kharakteristik solnechnoy radiatsii [Methods for calculating



the characteristics of solar radiation]. Leningrad, Girtometeoizdat, 1968, 232 p.

12. Tokareva E. F. Opredeleniye postupleniy pryamoy solnechnoy radiatsii na vertikalnyye poverkhnosti raznoy oriyentatsii [Determination of direct solar radiation on vertical surfaces of different orientations]. Kiyev, KiyevZNIIEP, 1971, 12 p.

13. Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3 : mnogo-letniye dannyye. Vyp. 7. Belorusskaya SSR. Chasti 1–6 [Scientific-applied Reference Book on the USSR Climate. Series 3 : Long-term Data. Issue 7 : Byelorussian SSR. Parts 1–6]. Leningrad, Girtometeoizdat, 1987, 302 p.

14. 2017 ASHRAE Handbook. Fundamentals // American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. Atlanta, ASHRAE, 2017, 1088 p.

15. Boroukhova L. V, Shybeka A. S. Sovershenstvovaniye metodiki rascheta teplopostupleniy cherez svetoprozrachnyye konstruksii i rekomendatsii po ikh umensheniyu [Improvement of Calculation Methods of Heat Input Through Translucent Structures and Recommendations for their Reduction]. Energetika. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy i energeticheskikh obyedineniy SNG [ENERGETIKA. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations]. 2016. Vol. 59. № 1. P. 68–78.

16. Curcija C, Vidanovic S, Hart R, Jonsson J., Mitchell R. WINDOW Technical Documentation. Berkeley, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2018, 220 p.

© А. С. Шибeko, П. Ю. Косько, Т. И. Гутор, 2020

Получено: 07.11.2019 г.

УДК 697.13

Д. Г. ТИТКОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Тел.: (499) 188-36-07; (916) 177-09-60; эл. почта: titkov1000@gmail.com

Ключевые слова: температура наружного воздуха, температура внутреннего воздуха, тепловой режим, подземный коллектор, температура грунта.

Рассматриваются актуальные проблемы управления тепловым режимом подземного коллектора для создания нормативных параметров микроклимата, которые напрямую влияют на долговечность и работоспособность инженерного оборудования.

Данная статья написана на основе натурального эксперимента теплового режима подземного коллектора. Объектом исследования являлся действующий коллектор для прокладки подземных коммуникаций в г. Москве. При обследовании подземного коллектора необходимо было провести натурное измерение параметров внутреннего и наружного воздуха, изменение температуры и подвижности воздуха, влияющих на тепловой режим данного коллектора. Целью исследования является изучение изменения температуры воздуха, температуры поверхностей в зависимости от следующих факторов: температуры наружного воздуха, температуры массива грунта, температуры инженерных коммуникаций, от периодичности включения системы вентиляции и от глубины заложения [1].



В ходе натурального эксперимента были проведены замеры внутреннего воздуха по ходу движения, а также температура наружного воздуха, влияющая на изменения параметров внутреннего воздуха. Все замеры производились при работающей системе вентиляции коллектора [2].

На момент обследования коллектора и измерений параметров требовалось решить следующие поставленные задачи:

- измерение температуры и подвижности воздуха в коллекторе;
- измерение температуры поверхности ограждающих конструкций коллектора;
- измерение температуры и скорости воздуха в приточной шахте коллектора и воздуха, удаляемого из коллектора;
- измерение температуры наружного воздуха.

Измерение параметров производилось в 4 сечениях по длине коллектора, расположенных на расстоянии от начала вентилируемого участка: сечение 1 – 10 м; сечение 2 – $\frac{1}{4}$ длины участка; сечение 3 – $\frac{1}{2}$ длины участка; сечение 4 – 3 м от вытяжной шахты [3].

В качестве измерительных приборов, применяемых при обследовании коллектора, использовались для:

- 1) мониторинга температуры наружного воздуха – самопишущие устройства (регистратор данных Testo 175-T3);
- 2) мониторинга температуры приточного воздуха, поступающего в коллектор – самопишущие устройства (регистратор данных Testo 175-T3);
- 3) мониторинга температуры воздуха, удаляемого из коллектора – самопишущие устройства (регистратор данных Testo 175-T3);
- 4) измерения температуры воздуха в сечениях коллектора в трех точках по высоте – устройства (регистратор данных Testo 175-T3);
- 5) измерения скорости и направления движения воздуха в точках измерения – крыльчатый анемометр (зонт) с прибором Testo 435-4.

Измерение температуры внутреннего воздуха проводилось в семи точках с записью результатов каждые 3 минуты с помощью приборов Testo 175-T3, приборы были равномерно размещены по длине изучаемого участка коллектора [4]. Один из приборов был размещен в приточной шахте для фиксации температуры наружного воздуха в необходимый период времени. Был выбран участок коллектора длиной 250 м с работающей системой вентиляции и проложенными коммуникациями.

В коллекторе проложены тепловые сети и электрические кабели до 15 штук диаметром 0,06–0,08 м. Теплопоступления от труб системы теплоснабжения приводят к повышению температуры воздуха до $+(20-25)$ °С, диаметр труб – 0,6 м вместе с тепловой изоляцией, температура поверхности изоляции $+(20-25)$ °С на расстоянии более 20 м от приточной шахты, в районе приточной шахты температура поверхности изолированной трубы системы теплоснабжения – не более $+8$ °С. При температуре наружного воздуха -8 °С в части коллектора, где расположена шахта, была температура воздуха $+8$ °С, при работающем вентиляторе температура приточного воздуха равна $+2$ °С, скорость воздуха у вентилятора 12–14 м/с, на расстоянии 5 м – 1 м/с, далее скорость воздуха не превышает 0,2 м/с, при отключенном вентиляторе скорость воздуха вблизи шахты – 0,2 м/с и на протяжении всего коллектора близка к 0 м/с. Температура ограждающих конструкций близка к величине температуры внутреннего воздуха по высоте коллектора и в пределах 5–20 м от шахты изменяется на 1–2 °С, а далее изменение температуры снижается до 0 °С. Относительная влажность воздуха не превышает 80 % в начальной части

коллектора и снижается до 40 % к центру и концу коллектора. Включаемая два раза в сутки на 1 ч вентиляция существенно изменяет температуру воздуха, что видно на экспериментальных графиках [5].

Номера сечений с установленными датчиками мониторинга и регистрации параметров внутреннего воздуха в коллекторе представлены на рис. 1: 1 – рядом с вытяжной шахтой ПК 187; 2 – в коллекторе ПК 182; 3 – ПК177; 4 – ПК 174 рядом с приточной шахтой; 5 – в середине коллектора ПК 178 в верхней зоне; 6 – то же в нижней зоне; 7 – замерялось изменение температуры кабеля, ПК 177; 8 – температура наружного воздуха.

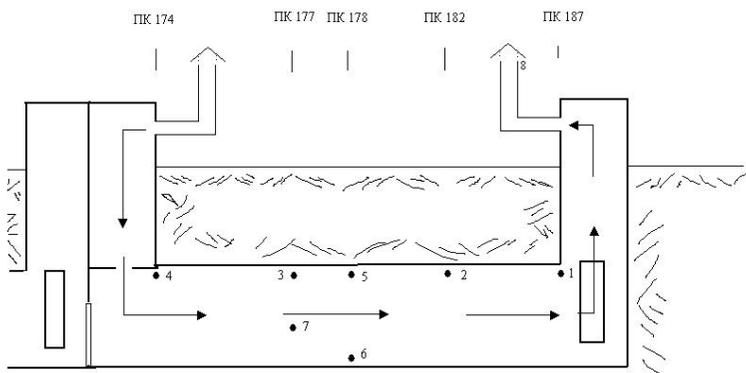


Рис. 1. Схема рассматриваемого участка коллектора с размещением точек измерений 1–8

Результаты натуральных измерений в подземных коллекторах для инженерных коммуникаций

В процессе измерений были проведены замеры параметров микроклимата на участке коллектора длиной 250 м, а также в непосредственной близости от приточной и вытяжной шахт. Данные с измерительных приборов были аппроксимированы и представлены в виде графиков изменения параметров микроклимата в зависимости от времени. На рис. 2 показана общая картина изменения температуры внутреннего воздуха в семи сечениях участка коллектора и изменение температуры наружного воздуха, на графике видно, как часто за десятидневный период включалась вентиляция, и что резкие перепады наружной температуры не сказываются на температурный режим коллектора, что связано со значительными тепловыделениями от системы теплоснабжения [6].

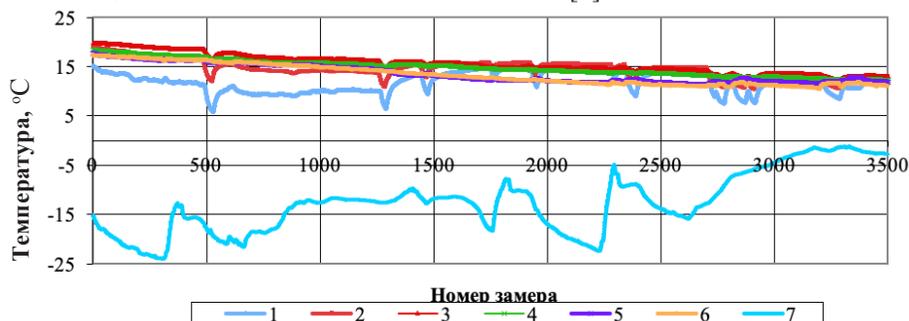


Рис. 2. Общая картина изменения температуры внутреннего воздуха в семи сечениях участка коллектора и изменение температуры наружного воздуха

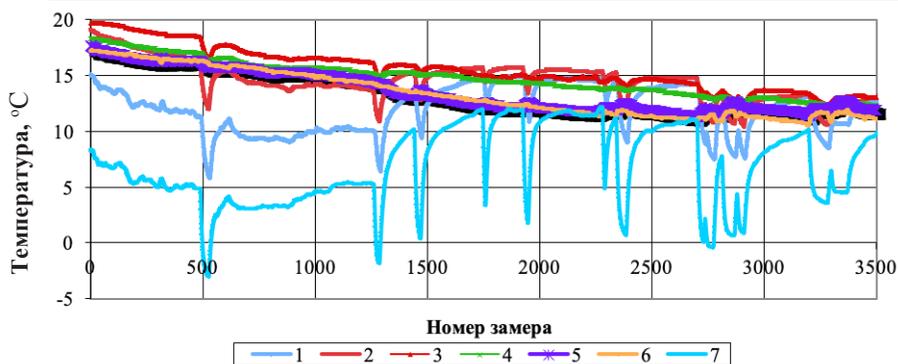


Рис. 3. Общая картина изменения температуры внутреннего воздуха в семи сечениях участка коллектора в переходный период

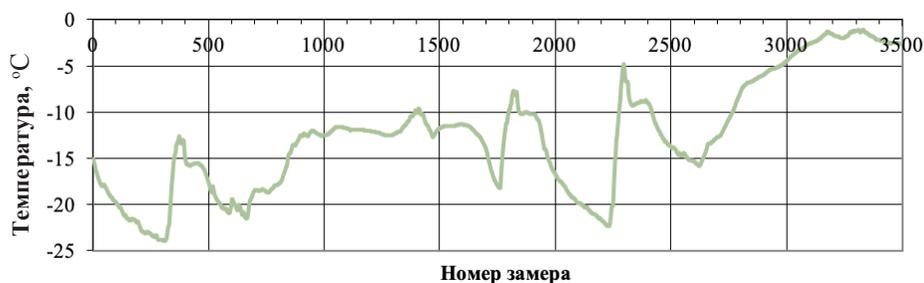


Рис. 4. Изменение температуры наружного воздуха в период замеров в коллекторе

На рис. 3 показана общая картина изменения температуры внутреннего воздуха в семи сечениях участка коллектора без показаний изменения температуры наружного воздуха. На рис. 4 показано изменение температуры наружного воздуха в период замеров в коллекторе. Как видно из графиков, наблюдаются закономерные изменения температуры внутреннего воздуха, что скорее всего связано с периодическим включением системы вентиляции.

На рис. 5–11 показано изменение температуры внутреннего воздуха в каждом из семи сечений участка коллектора.

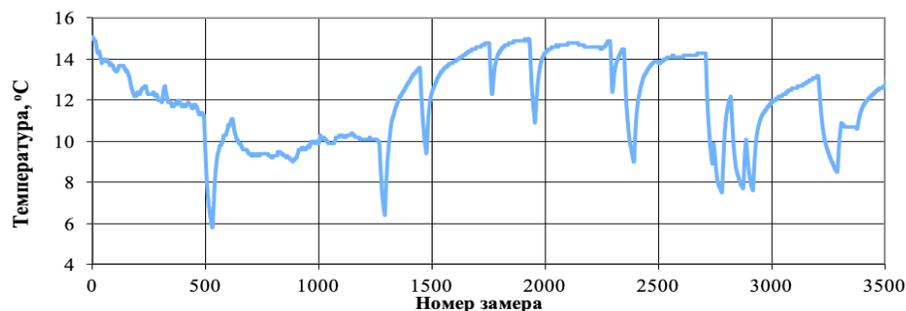


Рис. 5. Изменение температуры внутреннего воздуха в сечении № 1 коллектора

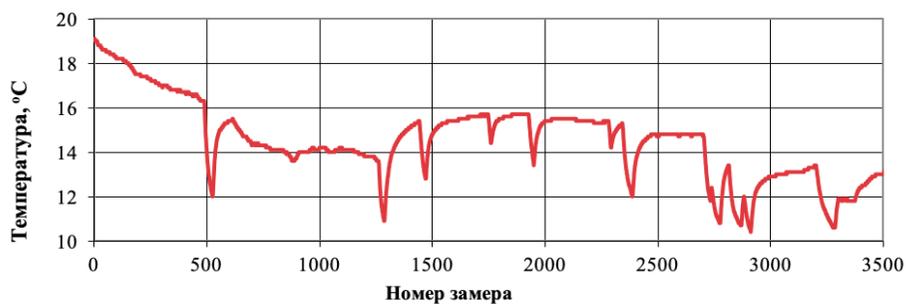


Рис. 6. Изменение температуры внутреннего воздуха в сечении № 2 коллектора

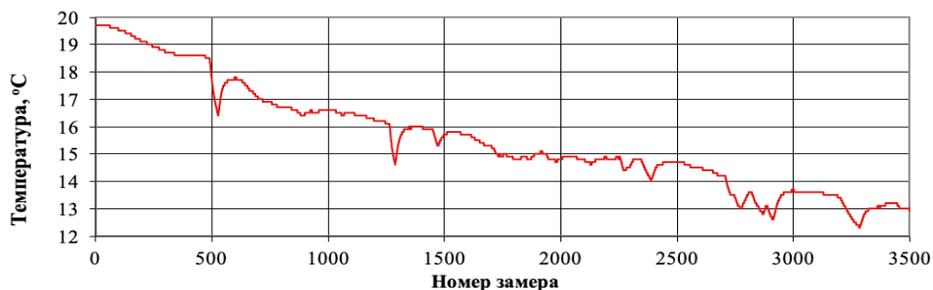


Рис. 7. Изменение температуры внутреннего воздуха в сечении № 3 коллектора

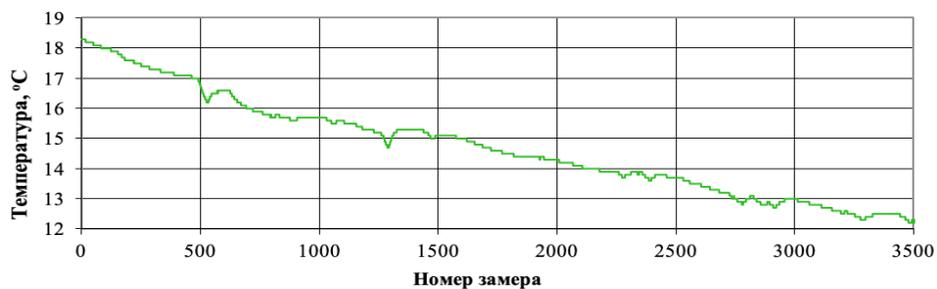


Рис. 8. Изменение температуры внутреннего воздуха в сечении № 4 коллектора

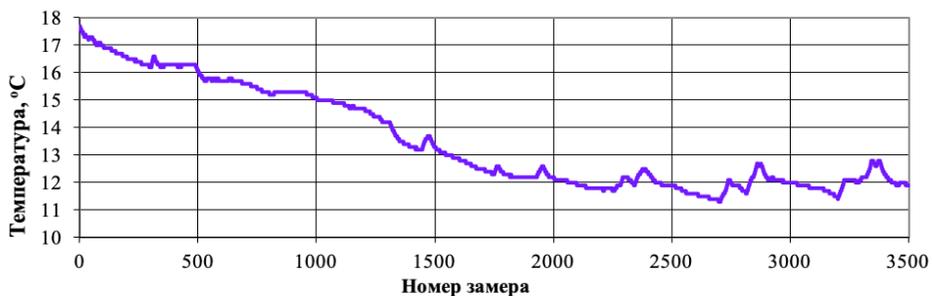


Рис. 9. Изменение температуры внутреннего воздуха в сечении № 5 коллектора

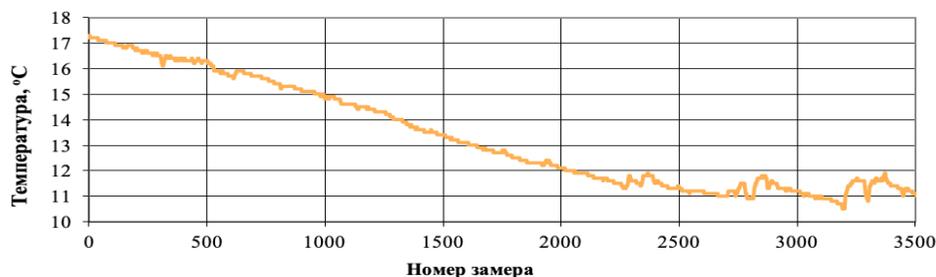


Рис. 10. Изменение температуры внутреннего воздуха в сечении № 6 коллектора

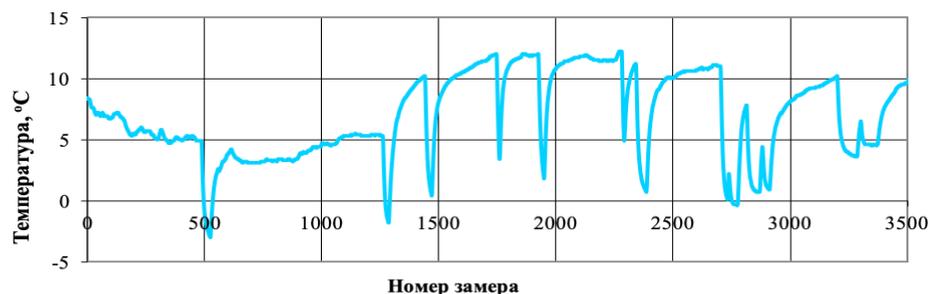


Рис. 11. Изменение температуры внутреннего воздуха в сечении № 7 коллектора

Благодаря проведенным экспериментам создается возможность построить математическую модель и определить ее сходимость с натурным экспериментом для более точного прогнозирования изменения теплового режима в воздушном пространстве подземного коллектора. Проведение данных экспериментов является необходимой частью прогнозирования изменения теплового режима, который влияет на долговечность инженерных систем и самого коллектора в целом. Благодаря проведению данного рода экспериментов становится наглядно видно реальное распределение температуры по длине коллектора и это дает нам возможность увидеть картину изменения температуры внутреннего воздуха и возможность уточнения математической модели прогнозирования и изменения теплового режима сооружения [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гагарин, В. Г. Методика экспериментального определения параметров уравнения распределения температуры воздуха по высоте вентилируемой прослойки НФС / В. Г. Гагарин, Н. Ю. Плющенко, А. Р. Косарев. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ). – 2017. – № 6 (58). – С. 107–113.
2. Брюханов, О. Н. Анализ методик расчета теплопотерь подземным коммуникационным коллектором / О. Н. Брюханов, А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2015. – № 8 (86). – С. 89–91.
3. Рымаров, А. Г. Особенности расчета теплового режима подземного коммуникационного коллектора / А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : электронный // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. – 2015. – № 4 (40). – С. 6. – URL: <http://vestnik.vgasu.ru>. – Дата публикации: апрель 2015 г.



4. Рымаров, А. Г. Анализ теплотерь подземным коллектором по методике Б. А. Казанцева / А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Научное обозрение. – 2015. – № 10-2. – С. 44–47.

5. Абрамкина, Д. В. Моделирование свободноконвективных течений в системах вентиляции с тепловым побуждением / Д. В. Абрамкина. – Текст : непосредственный // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2017. – Том 44, № 3. – С. 136–145.

6. Титков, Д. Г. Разработка методики расчета теплового режима подземного коллектора для инженерных коммуникаций : автореферат диссертации кандидата технических наук : специальность 05.23.03 / Д. Г. Титков ; Московский государственный строительный университет. – Москва, 2017. – 20 с. – Текст : непосредственный.

TITKOV Dmitry Gennadevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas Supply and ventilation

FULL-SCALE RESEARCHES OF THE HEAT MODE OF AN UNDERGROUND COLLECTOR FOR ENGINEERING COMMUNICATIONS

National Research Moscow State University of Civil Engineering

26, Yaroslavskoe Rd, Moscow, 129337, Russia. Tel.: +7 (499) 188-36-07; +7 (916) 177-09-60; e-mail: titkov1000@gmail.com

Key words: outdoor temperature, indoor air temperature, thermal conditions, underground collector, soil temperature.

The article discusses urgent problems of controlling thermal regime of an underground collector to create standard microclimate parameters that directly affect the durability and performance of engineering equipment.

REFERENCES

1. Gagarin V. G., Plyuschenko N. Yu., Kosarev A. R. Metodika eksperimentalnogo opredeleniya parametrov uravneniya raspredeleniya temperatury vozdukha po vysote ventiliruemy prosloyki NFS [Methodology for the experimental determination of the parameters of the equation for the distribution of air temperature over the height of the ventilated layer of the NFS] // Vestnik Sibirskogo Gosudarstvennogo Avtomobilno-dorozhnogo Universiteta (SibADI) [Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)]. 2017. № 6 (58). P. 107–113.

2. Bryukhanov O. N., Rymarov A. G., Titkov D. G. Analiz metodik raschyota teplopoter podzemnym kommunikatsionnym kolektorom [Analysis of methods for calculating heat loss by an underground communication collector] // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]. 2015. № 8 (86). P. 89–91.

3. Rymarov A.G., Titkov D.G. Osobennosti raschyota teplovogo rezhima podzemnogo kommunikatsionnogo kolektora [Features of calculation of the thermal regime of an underground communication collector] // Internet-Vestnik VolgGASU [Internet Bulletin of VolgGASU]. 2015. № 4 (40). P. 6. URL: <http://vestnik.vgasu.ru>. – Data publikatsii: April 2015.

4. Rymarov A. G., Titkov D. G. Analiz teplopoter podzemnym kolektorom po metodike B. A. Kazantseva [Analysis of heat loss by an underground collector according to the method of B. A. Kazantsev] // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. 2015. № 10-2. P. 44–47.

5. Abramkina D. V. Modelirovanie svobodnokonvektivnykh techeniy v sistemakh ventilatsii s teplovym pobuzhdeniem [Modeling free-convection flows in ventilation systems with thermal stimulation] // Vestnik Dagestanskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta. Tekhnicheskie nauki [Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical sciences]. 2017. № 3. Vol. 44. P. 136–145.



6. Titkov D. G. Razrabotka metodiki raschyota teplovogo rezhima podzemnogo kollektora dlya inzhenernykh kommunikatsiy [Development of methodology for calculating thermal regime of an underground collector for utilities] // Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk : spetsialnost 05.23.03. Moskovskiy gosudarstvennyy stroitelnyy universitet. Moscow, 2017, 20 p.

© Д. Г. ТИТКОВ, 2020

Получено: 27.12.2019 г.

УДК 697.13:628.8

Д. Г. ТИТКОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогасоснабжения и вентиляции; Н. Ю. ПЛЮЩЕНКО, ст. преп. кафедры теплогасоснабжения и вентиляции

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ КОЛЛЕКТОРА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Тел.: (499) 188-36-07; (916) 177-09-60; эл. почта: titkov1000@gmail.com

Ключевые слова: температурный режим, подземный коллектор, температура внутреннего воздуха, температура грунта.

Рассматривается сравнительный анализ результатов построенной математической модели и натурального эксперимента для нахождения сходимости и достоверности математической модели и ее использования в качестве расчетного инструмента при проектировании и обслуживании подземного коллектора.

Предлагаемая методика расчета теплового режима подземного коллектора достаточно точно способна описать изменение температуры по сечениям и по длине участка подземного коллектора, а также представить данные для прогнозирования изменения теплового режима в коллекторе и температурного режима грунта и позволяет учитывать затухание температурных колебаний во времени внутри подземного коллектора от инженерного оборудования, через ограждающие конструкции и в массиве грунта, инерционность и коэффициент теплоусвоения материала [1].

Методика расчета теплового режима подземного коллектора

1. Исходные данные:

- а) форма коллектора (круглая, прямоугольная);
- б) глубина заложения, м;
- в) габаритные размеры (площадь живого сечения, м², общая длина, м, длина от приточной до вытяжной шахты, м);
- г) характеристики грунта (плотность, кг/м³; коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С; удельный вес, Н/м; степень насыщения влагой: сухое состояние (параметры «А»), влажностное состояние (параметры «Б»);
- д) характеристики ограждающих конструкций (площадь, м²; плотность, кг/м³; коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С; удельный вес, Н/м; степень насыщения



влажностью: сухое состояние (параметры «А»), влажностное состояние (параметры «Б»), толщина, м;

е) температура наружного воздуха в соответствии с СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (температура самого холодного месяца, средняя годовая температура и средняя температура за каждый месяц в году), °С;

ж) шаг изменения параметров во времени, h , ч;

з) величина расчетных ячеек в математической модели, м;

и) виды и характеристики инженерного оборудования, прокладываемые в подземном коммуникационном коллекторе (тепловые сети, электрические кабели, слаботочные кабели, температура поверхности, °С; диаметр труб, м);

2. Расчет теплового режима подземного коллектора:

а) расчет тепловой массивности ограждающих конструкций и грунта;

б) расчет температуры внутреннего воздуха с учетом тепловой массивности и затухания температурных колебаний во времени, °С;

в) расчет температуры поверхности ограждающих конструкций с учетом тепловой массивности ограждения и затухания температурных колебаний во времени, °С;

г) расчет радиационной температуры поверхностей инженерных коммуникаций, °С;

д) расчет распределения температуры в толще ограждающих конструкций и в грунте от сегмента к сегменту с учетом тепловой массивности ограждения и затухания температурных колебаний во времени, °С;

з) расчет распределения температуры по длине подземного коммуникационного коллектора с учетом затухания температурных колебаний во времени, °С;

и) расчет температуры удаляемого воздуха, °С;

к) расчет изменения температурных колебаний во времени и времени сдвига влияния амплитуды колебания температур наружного воздуха на тепловой режим грунта, ограждающих конструкций и температуру внутреннего воздуха в коллекторе.

3. Полученные результаты:

а) изменение во времени температуры по длине и в сечении подземного коллектора, °С;

б) определение времени сдвига фаз влияния температуры наружного воздуха и приточного воздуха на тепловой режим подземного коммуникационного коллектора, ч;

в) определение тепловой массивности грунта, ограждающих конструкций и внутреннего воздуха;

г) определение запаздывания во времени температурных колебаний и прогнозирование теплового и воздушного режимов подземного коммуникационного коллектора с изменяемыми параметрами микроклимата во времени, ч;

д) определение влияния тепловой массивности на время запаздывания влияния климатических параметров местности на параметры микроклимата в подземном коммуникационном коллекторе;

е) определение температуры удаляемого воздуха (для возможной рекуперации теплоты удаляемого воздуха), °С.

В сравнительном анализе расчетов математической модели и эксперимента были представлены результаты расчета теплового режима коллектора за период 194 часа в виде графиков, показанных на рис. 1. На графиках, представленных на рис. 1, показано изменение температуры внутреннего воздуха в зависимости от



времени в различных сечениях по длине.

На графиках, рассмотренных на рис. 2, представлено изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 194 часа в диапазоне температур от $+7,4^{\circ}\text{C}$ до $+8,2^{\circ}\text{C}$. На графиках, представленных на рис. 3, показано изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 48 часов в диапазоне температур от -20°C до $+10^{\circ}\text{C}$. На графиках, представленных на рис. 4, показано изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 48 часов в диапазоне температур от $+7^{\circ}\text{C}$ до $+8,2^{\circ}\text{C}$ [2].

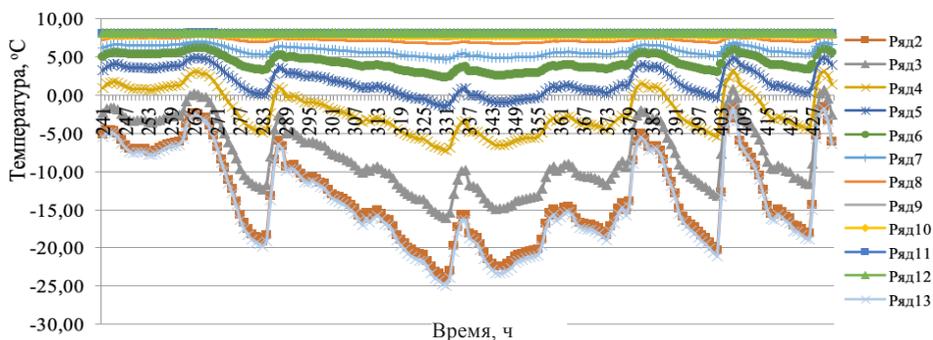


Рис. 1. Изменение температуры внутреннего воздуха подземного коллектора в зависимости от времени в различных сечениях по длине коллектора за период 194 часа

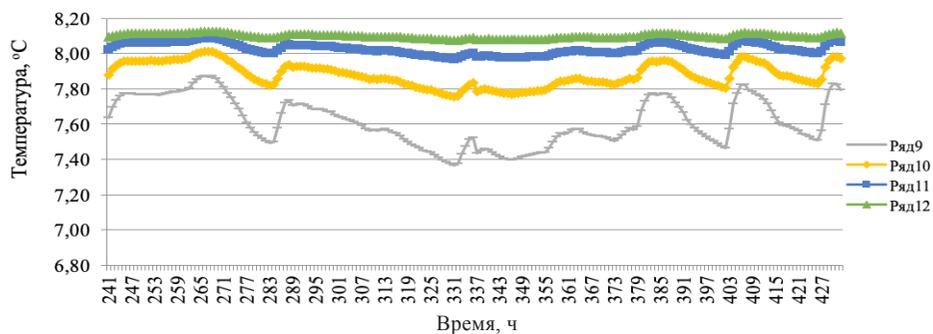


Рис. 2. Изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 194 часа в диапазоне температур от $+7,4^{\circ}\text{C}$ до $+8,2^{\circ}\text{C}$

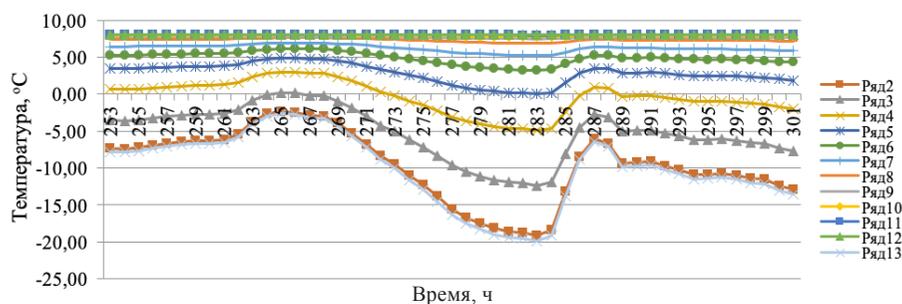


Рис. 3. Изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 48 часов в диапазоне температур от -20°C до $+10^{\circ}\text{C}$



На графике рис. 4 показан диапазон изменения температур во времени в определенном промежутке температур и времени (с 253 ч по 301 ч). На графиках, представленных на рис. 5, показано изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 30 часов в диапазоне температур от -25°C до $+10^{\circ}\text{C}$ [6].

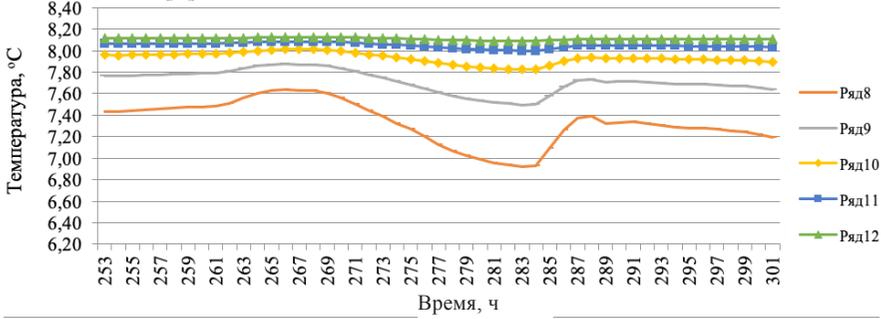


Рис. 4. Изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 48 часов в диапазоне температур от $+7^{\circ}\text{C}$ до $+8,2^{\circ}\text{C}$

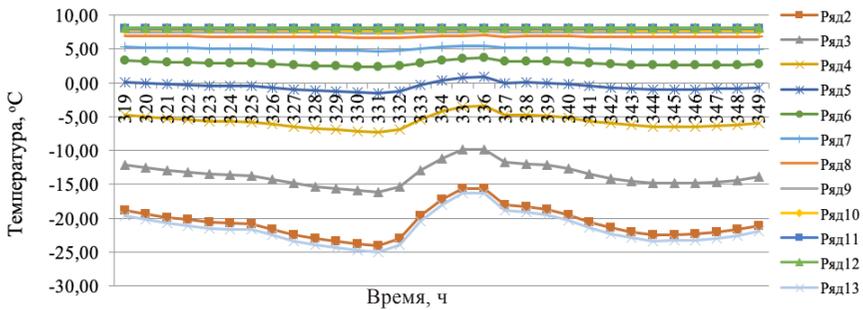


Рис. 5. Изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 30 часов в диапазоне температур от -25°C до $+10^{\circ}\text{C}$

На рис. 6. представлено изменение температур внутреннего воздуха во времени за период 30 часов в диапазоне температур от $+7,4^{\circ}\text{C}$ до $+8,2^{\circ}\text{C}$.

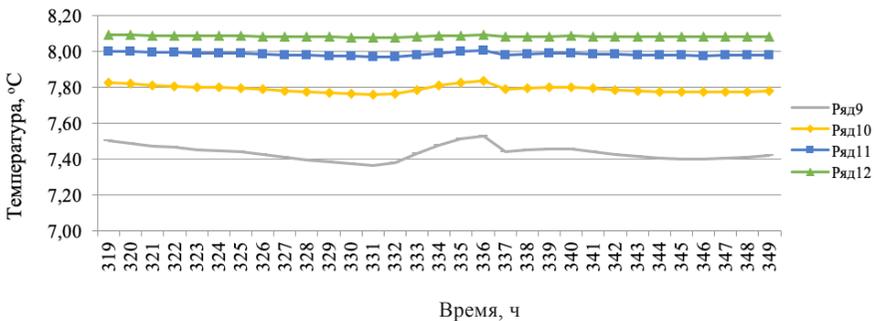


Рис. 6. Изменение температур внутреннего воздуха во времени в подземном коллекторе за период 30 часов в диапазоне температур от $+7,4^{\circ}\text{C}$ до $+8,2^{\circ}\text{C}$



На графике, осредненным полиномом 6-й степени, на рис. 7. показаны результаты натуральных измерений колебания температуры внутреннего воздуха подземного коллектора.

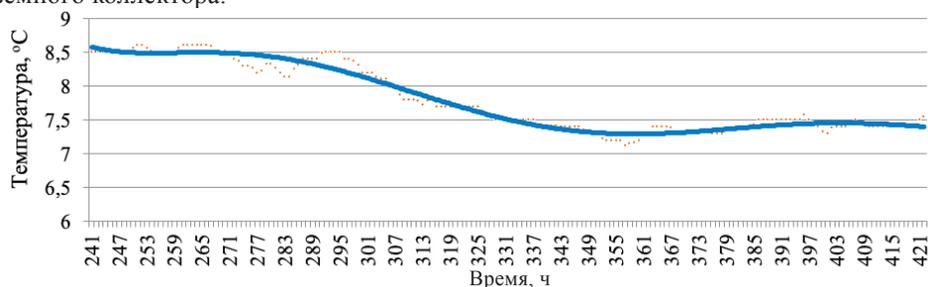


Рис. 7. Результаты натуральных измерений колебания температуры внутреннего воздуха в подземном коллекторе

На графике, осредненным полиномом 6-й степени, представленном на рис. 8, отображены результаты математического моделирования колебания температуры внутреннего воздуха в подземном коллекторе [3].

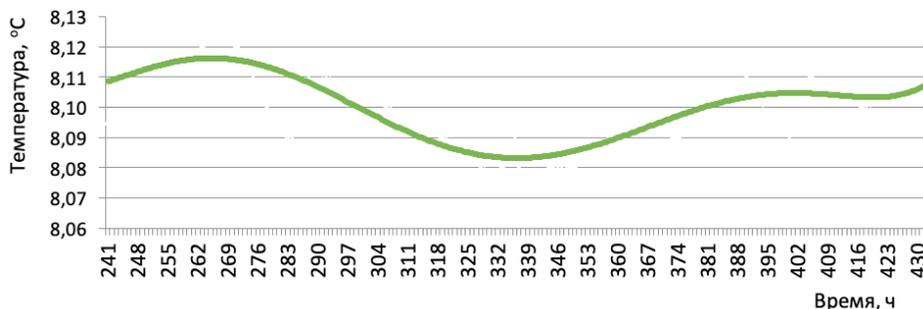


Рис. 8. Результаты математического моделирования колебания температуры внутреннего воздуха в подземном коллекторе

При сравнении значений на графиках, показанных на рис. 7 и рис. 8, получены результаты с относительно небольшим расхождением при математическом моделировании и подтвержденные натурным экспериментом. При анализе результатов математического моделирования и натуральных экспериментов в других сечениях подземного коллектора результаты расхождения изменения температур внутреннего воздуха при математическом моделировании и натуральных измерениях практически одинаковы с результатами, представленным выше [4]. Результаты сравнения измерений и расчетов получены в % и в °C.

По результатам анализа сравнения результатов расчета с натурным экспериментом выявлено, что среднее отклонение измеряемых значений от расчетных на основе разработанной математической модели не превышает $\pm 4,19\%$ (в процентном соотношении) и $\pm 0,3\text{ °C}$ (в разнице отклонения температур). Отдельные значения отличаются от расчетного отклонения, что объясняется особенностями эксплуатации коллектора (приход рабочих, включение света и т. д.) [5].

Разница между результатами математического моделирования изменения температуры внутреннего воздуха подземного коллектора и натурными измерениями



объясняется погрешностью измерительных приборов и не совсем корректными данными по видам грунтов [6]. Однако разность между результатами математического моделирования и натурными измерениями достаточно мала, что говорит о том, что математическая модель позволяет с большой точностью производить расчеты теплового и воздушного режима подземного коллектора, изменяемых во времени, а также прогнозировать изменение этих режимов во времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гагарин, В. Г. Методика экспериментального определения параметров уравнения распределения температуры воздуха по высоте вентилируемой прослойки НФС / В. Г. Гагарин, Н. Ю. Плющенко, А. Р. Косарев. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ). – 2017. – № 6 (58). – С. 107–113.

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

3. Рымаров, А. Г. Особенности расчета теплового режима подземного коммуникационного коллектора / А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : электронный // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. – 2015. – № 4 (40). – С. 6. – URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=54>. – Дата публикации: апрель 2015.

4. Рымаров А. Г. Анализ теплотерь подземным коллектором по методике Б. А. Казанцева / А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Научное обозрение. – 2015. – № 10-2. – С. 44–47.

5. Титков, Д. Г. Управление температурой внутреннего воздуха в подземном коллекторе для инженерных коммуникаций / Д. Г. Титков. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2017. – № 5 (107). – С. 169–171.

6. Титков, Д. Г. Оценка теплового режима подземного коллектора при регулировании температуры подаваемого воздуха / Д. Г. Титков, Д. А. Моисеенкова. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2017. – № 6 (108). – С. 144–145.

TITKOV Dmitry Gennadevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation; PLYUSCHENKO Natalia Yurevna, senior teacher of the chair of heat and gas supply and ventilation

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF A MATHEMATICAL MODELING AND EXPERIMENTAL DATA OF MICROCLIMATE PARAMETERS IN THE AIR SPACE OF A COLLECTOR

National Research Moscow State University of Civil Engineering
26, Yaroslavskoe Hwy, Moscow, 129337, Russia. Tel.: +7 (499) 188-36-07, +7 (916) 177-09-60;
e-mail: titkov1000@gmail.com

Key words: temperature regime, underground collector, indoor air temperature, soil temperature.

The article considers a comparative analysis of the results of the constructed mathematical model and full-scale experiment to find convergence and reliability of the mathematical model and its use as a calculation tool in the design and maintenance of an underground collector.

REFERENCES

1. Gagarin V. G., Plyuschenko N. Yu., Kosarev A. R. Metodika eksperimentalnogo opredeleniya parametrov uravneniya raspredeleniya temperatury vozdukha po vysote



ventiliruemoj prosloyki NFS [Methodology for experimental determination of parameters of the equation for distribution of air temperature over the height of the ventilated layer of the NFS] // Vestnik Sibirskogo Gosudarstvennogo Avtomobilno-dorozhnogo Universiteta (SibADI) [Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)]. 2017. № 6 (58). P. 107–113.

2. Rymarov A. G., Titkov D. G. Vliyanie massivnosti okruzhayushego grunta na teplovoy rezhim podzemnogo kollektora dlya inzhenernykh kommunikatsiy [The effect of the massiveness of the surrounding soil on the thermal regime of the underground collector for utilities] // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]. 2015. № 6 (84). P. 563–564.

3. Rymarov A. G., Titkov D. G. Osobennosti raschyota teplovogo rezhima podzemnogo kommunikatsionnogo kollektora [Features of calculation of the thermal regime of an underground communication collector] // Internet-Vestnik VolgGASU [Internet Bulletin of VolgGASU]. 2015. № 4 (40). P. 6. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=54>. – Data publikatsii: April 2015.

4. Rymarov A. G., Titkov D. G. Analiz teplopoter podzemnym kollektorom po metodike B. A. Kazantseva [Analysis of heat loss by an underground collector according to the method of B. A. Kazantsev] // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. 2015. № 10-2. P. 44–47.

5. Titkov D. G. Upravlenie temperaturoy vnutrennego vozdukha v podzemnom kollektore dlya inzhenernykh kommunikatsiy [Temperature control of the indoor air in an underground collector for utilities] // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]. 2017. № 5 (107). P. 169–171.

6. Titkov D. G., Moiseenkova D. A. Otsenka teplovogo rezhima podzemnogo kollektora pri regulirovanii temperatury podavaemogo vozdukha [Assessment of the thermal regime of an underground collector when controlling the temperature of the supplied air] // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]. 2017. № 6 (108). P. 144–145.

© Д. Г. Титков, Н. Ю. Плющенко, 2020

Получено: 27.12.2019 г.

УДК 631.344.8

М. В. ПАВЛОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоводоснабжения;
Д. Ф. КАРПОВ, соискатель уч. степ. канд. техн. наук, ст. преп. кафедры теплогазоводоснабжения

МЕТОД РАСЧЕТА ЛУЧИСТО-КОНВЕКТИВНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЗИМНЕЙ ТЕПЛИЦЫ

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

Россия, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15. Тел.: (8172) 72-46-45;
эл. почта: pavlov_kaftgv@mail.ru

Ключевые слова: лучисто-конвективное отопление, инфракрасный излучатель, отопительный прибор, почва, теплица.

Рассмотрен метод расчета комбинированной системы отопления теплицы, которая включает в себя конвективные отопительные приборы, служащие для подогрева воздуха в помещении, и инфракрасные излучатели, предназначенные для обеспечения требуемого теплового режима почвы. На примере промышленной теплицы «Фермер 7.5», используемой для круглогодичного выращивания сельскохозяйственной продукции в закрытом грунте, выполнена апробация разработанного метода расчета.

Отопление культивационных сооружений в холодный период года играет важную роль в круглогодичном выращивании цветов, овощей, рассады и т. п. Затраты



на обогрев теплиц составляют примерно 30–50 от себестоимости самой продукции [1]. Поэтому поиск эффективных способов теплообеспечения зимних теплиц считается одной из основных задач во всей тепличной отрасли страны. В прошлом веке для отопления теплиц активно применялись конвективные способы обогрева, которые являются не совсем целесообразными, особенно в вегетационный период развития растений, так как основная часть теплоты сосредотачивается в верхней зоне помещения, а не у поверхности почвы, где находятся растения [2]. В настоящее время существуют инновационные технологии в теплоснабжении культивационных сооружений, например, за счет использования низкопотенциальной теплоты окружающей среды и грунта (тепловых насосов) [3] или с помощью источников геотермальной энергии [4]. Несмотря на то, что данные системы отопления за счет специфики работы имеют свойственные им преимущества, стоит в первую очередь уделить внимание способам обогрева теплиц, которые в меньшей степени зависят от географических условий и факторов окружающей среды.

Как известно, система отопления предназначена для формирования необходимого теплового режима в помещении. Это относится и к культивационным сооружениям на примере зимних теплиц, обогреваемых в холодный период года. В табл. 1 в качестве примера представлены требуемые параметры микроклимата в овощных теплицах круглогодичного использования до плодоношения по данным методических рекомендаций [5].

Таблица 1

Температурно-влажностный режим теплицы (до плодоношения)

| Культура | Температура воздуха, °С | | | Температура грунта, °С | Относительная влажность воздуха, % |
|--------------------------------|-------------------------|----------|-------|------------------------|------------------------------------|
| | день | | ночь | | |
| | солнечно | пасмурно | | | |
| Огурец (зимне-весенний оборот) | 22–24 | 20–22 | 17–18 | 20–24 | 70–75 |
| Огурец (осенний оборот) | 25–26 | 22–23 | 19–20 | 22–24 | 70–75 |
| Томат (зимне-весенний оборот) | 22–24 | 19–20 | 16–17 | 18–20 | 60–65 |
| Томат (осенний оборот) | 24–26 | 18–20 | 16–18 | 18–19 | 60–70 |
| Салат кочанный | 20–23 | 16–18 | 10 | 15–16 | 70–80 |
| Редис | 20–22 | 7–9 | 5–6 | 15–16 | 60–70 |
| Укроп, шпинат | 17–18 | 8–12 | 5–6 | 15–16 | 65–80 |

Согласно табл. 1, в отличие от обычных сельскохозяйственных зданий и сооружений, в зимних теплицах необходимо поддерживать требуемый тепловлажностный режим не только самого помещения, но и почвы (грунта). Применение водяной (или воздушной) системы отопления с дополнительным грунтовым обогревом, который представляет собой систему трубопроводов, проложенных в почве, является морально устаревшим вариантом. Сюда можно отнести такие недостатки, как высокая металлоемкость конструкции (10–12 кг/м²) и инерционность системы; сложность монтажа (подземная прокладка трубопроводов, установка теплового узла и др.); необходимость в удаленном источнике теплоснабжения;

большой расход электроэнергии на циркуляцию теплоносителя; различные температуры теплоносителя в контурах системы отопления (в надпочвенном и грунтовом); возможные утечки воды в слой почвы в случае повреждения трубопроводов и т. д. Использование одного лучистого отопления в теплице также не может быть решением данной проблемы, так как основная часть теплоты расходуется на обогрев почвы, и температура внутреннего воздуха, как следствие, оказывается сравнительно невысокой (ниже нормативных значений, приведенных в табл. 1).

В этом случае актуальным является рассмотрение комбинированной системы отопления, в которой, помимо конвективного обогрева помещения, также имеет место лучистый тепловой поток, формируемый потолочными инфракрасными излучателями темного типа. Кроме того, применение в качестве источников теплоты газовых инфракрасных излучателей позволит за счет децентрализации теплоснабжения и использования сравнительно дешевого газообразного топлива снизить тепловую нагрузку водяной (или воздушной) системы отопления и сократить потребление невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов. При газолучистом отоплении растения в теплице также дополнительно будут получать углекислый газ (двуокись углерода CO_2), который им необходим для реакции фотосинтеза. С экономической точки зрения на первых порах данный вид комбинированной системы отопления, скорее всего, не будет себя оправдывать, но в дальнейшем за счет уменьшения тепловой мощности конвективного обогрева помещения (особенно это заметно в менее холодные месяцы отопительного сезона) он будет приносить экономическую выгоду.

На рис. 1 изображена принципиальная схема лучисто-конвективного отопления теплицы при постоянных параметрах внутреннего и наружного воздуха, почвы и ограждения, а также фиксированных значениях тепловых и массовых потоков.

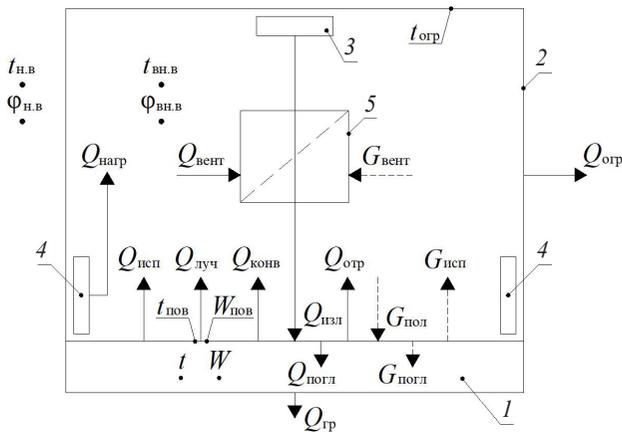


Рис. 1. Расчетная схема лучисто-конвективного отопления теплицы: 1 – почва; 2 – ограждение; 3 – источник инфракрасного излучения (излучатель); 4 – отопительные приборы; 5 – вентиляционный проем (приточный, вытяжной)

При стационарном тепловлажностном режиме в теплице (рис. 1) уравнение теплового баланса может быть записано следующим образом:

$$Q_{\text{изл}} + Q_{\text{нагр}} = Q_{\text{отр}} + Q_{\text{вент}} + Q_{\text{гр}}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{изл}}$ – лучистый тепловой поток, идущий от излучателя (3), Вт; $Q_{\text{нагр}}$ – конвективный тепловой поток, идущий от отопительных приборов (4), Вт; $Q_{\text{отр}}$ – потери



теплоты теплопередачей через ограждение (2) теплицы, Вт; $Q_{\text{вент}}$ – потери теплоты с вентиляционным воздухом, уходящим из теплицы через вытяжной вентиляционный проем (5), Вт; $Q_{\text{гр}}$ – потери теплоты в глубинные горизонты грунта, Вт.

При лучисто-конвективном отоплении тепловая мощность $Q_{\text{нагр}}$, Вт, отопительных приборов (4) в уравнении (1) предназначена для поддержания требуемого теплового режима в теплице и расходуется на подогрев внутреннего воздуха до заданной температуры.

Потери теплоты через ограждение (2) теплицы $Q_{\text{огр}}$, Вт, могут быть найдены по уравнению теплопередачи:

$$Q_{\text{огр}} = \frac{t_{\text{вн.в}} - t_{\text{н.в}}}{R_t} F_{\text{огр}} (1 + \beta_{\text{инф}}), \text{ Вт}, \quad (2)$$

где $t_{\text{вн.в}}$ – температура внутреннего воздуха, °С; $t_{\text{н.в}}$ – температура наружного воздуха, °С; R_t – сопротивление теплопередаче ограждения (2) теплицы, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; $F_{\text{огр}}$ – суммарная площадь ограждения теплицы, м^2 ; $\beta_{\text{инф}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты тепловой энергии на нагрев инфильтрующегося воздуха, обычно принимается равным 0,2 [6].

Потери теплоты с уходящим вентиляционным воздухом численно равны расходу теплоты на нагрев приточного воздуха, поступающего из окружающей среды в теплицу через вентиляционный проем (5):

$$Q_{\text{вент}} = G_{\text{в}} (h_{\text{вн.в}} - h_{\text{н.в}}), \text{ Вт}, \quad (3)$$

где $G_{\text{в}}$ – массовый расход сухой части влажного воздуха, участвующего в воздухообмене в теплице, кг/с; $h_{\text{вн.в}}$ и $h_{\text{н.в}}$ – соответственно удельная энтальпия внутреннего и наружного влажного воздуха, Дж/кг.

Потери теплоты в грунт упрощенно рассчитываются по уравнению:

$$Q_{\text{гр}} = (t_{\text{вн.в}} - t_{\text{н.в}}) \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{R_i} \right), \text{ Вт}, \quad (4)$$

где F_i – расчетная площадь i -й зоны грунта в теплице при их общем количестве n , м^2 ; R_i – сопротивление теплопередаче i -й зоны грунта в теплице при их общем количестве n , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Уравнение материального баланса теплицы (рис. 1) будет иметь вид:

$$G_{\text{исп}} = G_{\text{вент}}, \text{ кг/с}, \quad (5)$$

где $G_{\text{исп}}$ – испарение влаги с поверхности почвы (1), кг/с; $G_{\text{вент}}$ – потеря влаги с вытяжным воздухом, уходящим из теплицы через вытяжной вентиляционный проем (5), кг/с.

Система уравнений теплового баланса ограждения (2) теплицы (рис. 1) включает в себя выражение (2) и формулу:

$$Q_{\text{огр}} = \left(1 - \frac{A_1}{1 - k_{\text{огр}}} \right) Q_{\text{изл}} + Q_{\text{луч}} + Q_{\text{конв2}}, \text{ Вт}, \quad (6)$$

где $k_{\text{огр}} = (1 - A_1)(1 - A_2) \frac{\varphi_{21}}{1 - \varphi_{22}(1 - A_2)}$ – коэффициент, учитывающий многократное отражение теплового излучения от поверхности почвы (1) и внутренней поверхности ограждения (2) теплицы; A_1 и A_2 – соответственно коэффициенты поглощения поверхности почвы (1) и внутренней поверхности ограждения (2) теплицы; φ_{21} – коэффициент облученности с внутренней поверхности ограждения (2) теплицы на поверхность почвы (1); φ_{22} – коэффициент самооблученности внутренней поверхности ограждения (2) теплицы; $Q_{\text{луч}}$ – результирующее тепловое излучение



между поверхностью почвы (1) и внутренней поверхности ограждения (2) теплицы, Вт; $Q_{\text{конв}2}$ – конвективная составляющая теплообмена между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения (2) теплицы, Вт.

Уравнение теплового баланса поверхности почвы (1) в теплице (рис. 1) будет иметь вид:

$$\frac{A_1 Q_{\text{изл}}}{1 - k_{\text{отр}}} = Q_{\text{луч}} + Q_{\text{конв}1} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{гр}}, \text{ Вт}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{конв}1}$ – тепловой поток, вызванный конвективным теплообменом между поверхностью почвы (1) и приземным слоем воздуха в теплице (на рис. 1 обозначен как $Q_{\text{конв}}$), Вт; $Q_{\text{исп}}$ – тепловой поток, расходуемый на испарение влаги с поверхности почвы (1), Вт.

Уравнение материального баланса поверхности почвы (1) в теплице (рис. 1) выглядит следующим образом:

$$G_{\text{пол}} = G_{\text{исп}}, \text{ кг/с}, \quad (8)$$

где $G_{\text{пол}}$ – расход воды, идущий на полив почвы (1), кг/с.

В правой части уравнения (8) также должен присутствовать расход воды $G_{\text{погл}}$, кг/с, поглощаемый растениями. На данном этапе будем считать, что в теплице растения временно отсутствуют (эмбриональный период их развития, до плодоношения), поэтому величина $G_{\text{погл}} = 0$.

Рассмотрим на примере промышленной теплицы «Фермер 7.5» (рис. 2) решение системы уравнений теплового и материального балансов теплицы, ее ограждения и почвы при лучисто-конвективном отоплении.

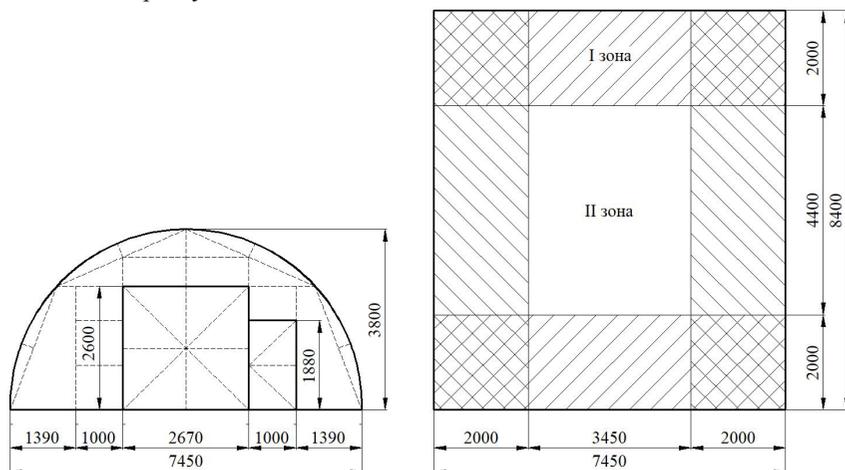


Рис. 2. Промышленная теплица «Фермер 7.5» и схема разбивки грунта на зоны

Исходные данные для выполнения расчета:

1. Размеры (габариты) теплицы: ширина $a = 7,45$ м; длина $b = 8,40$ м; высота $h = 3,80$ м.
2. Размеры вентиляционных проемов:
 - на приток воздуха: ширина $a_{\text{пр}} = 1,0$ м; высота $h_{\text{пр}} = 1,88$ м; степень открытия $\chi_{\text{пр}} = 0,25$; количество $N_{\text{выт}} = 1$;
 - на вытяжку воздуха: ширина $a_{\text{выт}} = 0,75$ м; высота $h_{\text{пр}} = 1,0$ м; степень открытия $\chi_{\text{пр}} = 1$; количество $N_{\text{выт}} = 2$.
3. Параметры поверхности почвы (томаты до плодоношения в зимне-весенний оборот, согласно табл. 1): температура $t_{\text{пов}} = 20$ °С; коэффициент поглощения



$A_1 = 0,65$ (коэффициент отражения $R_1 = 0,35$); коэффициент теплового излучения (степень черноты) $\varepsilon_1 = A_1 = 0,65$.

4. Параметры ограждения: материал – сотовый поликарбонат с термическим сопротивлением ограждения $R_{\text{огр}} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; коэффициент поглощения $A_2 = 0,94$ (коэффициент отражения $R_2 = 0,06$); коэффициент теплового излучения (степень черноты) $\varepsilon_2 = A_2 = 0,94$.

5. Расчетные параметры внутреннего воздуха (табл. 1): температура $t_{\text{вн.в}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$; относительная влажность $\phi_{\text{вн.в}} = 60 \%$.

6. Расчетные параметры наружного воздуха для климатических условий города Вологды, согласно действующему своду правил [7]: температура $t_{\text{н.в}} = -32 \text{ }^\circ\text{C}$; относительная влажность $\phi_{\text{н.в}} = 85 \%$.

7. Параметры вентиляции: естественная вентиляция; расчетная высота системы вентиляции $\Delta h = 0,45 \text{ м}$.

8. Параметры орошения: коэффициент орошения почвы $k_{\text{ор}} = 1$ (орошается вся поверхность почвы в теплице).

Расчет лучисто-конвективного отопления промышленной теплицы «Фермер 7.5» (рис. 2) выполнен в математическом редакторе “Mathcad”.

По итогам программного расчета лучисто-конвективного отопления промышленной теплицы «Фермер 7.5» получены следующие результаты:

1. Требуемая мощность инфракрасного излучения $Q_{\text{изл}} \approx 44,2 \text{ кВт}$ и конвективной системы отопления $Q_{\text{нагр}} \approx 22,2 \text{ кВт}$.

2. Необходимый расход воды на полив почвы $G_{\text{пол}} \approx 41,0 \text{ кг/ч}$.

3. Потери теплоты: через ограждение теплицы $Q_{\text{огр}} \approx 14,7 \text{ кВт}$; с вентиляционным воздухом, уходящим из теплицы в окружающую среду, $Q_{\text{вент}} \approx 49,8 \text{ кВт}$; в грунт $Q_{\text{гр}} \approx 1,82 \text{ кВт}$.

4. Потери теплоты от теплообмена излучением между внутренней поверхностью ограждения теплицы и поверхностью почвы $Q_{\text{луч}} \approx 0,46 \text{ кВт}$ (в данном случае $t_{\text{огр}} > t_{\text{пов}}$, $^\circ\text{C}$).

5. Потери теплоты от конвективного теплообмена между внутренним воздухом и поверхностью почвы в теплице $Q_{\text{конв1}} \approx 0,30 \text{ кВт}$ (при условии $t_{\text{вн.в}} > t_{\text{пов}}$, $^\circ\text{C}$); между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения теплицы практически отсутствуют, т. е. $Q_{\text{конв2}} \approx 0$.

6. Потери теплоты, связанные с процессом испарения влаги с поверхности почвы в теплице, составили $Q_{\text{исп}} \approx 27,9 \text{ кВт}$.

Выводы

Разработанный метод расчета может быть использован для проектирования комбинированной системы отопления, включающей как конвективные отопительные приборы, так и инфракрасно-лучистые обогреватели. На данном этапе исследований выполнена апробация метода расчета на примере промышленной теплицы «Фермер 7.5» с учетом конкретных исходных данных. В дальнейшем требуется построение и анализ полученных закономерностей расчетной тепловой мощности лучисто-конвективного отопления $Q_{\text{изл}}$, кВт, и $Q_{\text{нагр}}$ от метеорологических условий, кратности воздухообмена в помещении, конструктивных и теплотехнических особенностей ограждения теплицы, теплопоглощающих свойств почвенного покрова и др. Это, в свою очередь, позволит разработать инженерную методику расчета системы лучисто-конвективного отопления теплицы, которая даст возможность проектировщику в максимально короткие сроки и по упрощенному алгоритму, без решения сложной системы взаимосвязанных уравнений теплового и материального балансов, определять искомые характеристики при заданных расчетных условиях.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ляшенко, Т. А. Исследование энергоэффективности системы отопления в теплицах для условий Амурской области / Т. А. Ляшенко, С. А. Черемисина. – Текст : непосредственный // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 35. – С. 13–17.
2. Беляева, Е. А. Преимущество в использовании инфракрасной системы отопления теплиц / Е. А. Беляева, А. А. Хальметов. – Текст : непосредственный // Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. – 2018. – С. 46–48.
3. Дворный, В. В. Возможность использования низкопотенциального тепла грунта для отопления теплиц в зимний период года / В. В. Дворный, Н. С. Авджян, М. И. Милованов. – Текст : непосредственный // Наука и образование: проблемы и стратегии развития. – 2017. – Т. 1. № 1 (3). – С. 62–63.
4. Экономическая целесообразность использования геотермальной энергии для отопления теплиц / Х. Э. Таймасханов, Ш. Ш. Заурбеков, М. Ш. Минцаев, Т. В. Якубов, М. А. Барзаева. – Текст : непосредственный // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2017. – С. 167–172.
5. РД-АПК 1.10.09.01-14. Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады: утв. врио директора Департамента научно-технологической политики и образования Минсельхоза России Вельмаговым А. А. от 13 августа 2014 г. : дата введения 01 октября 2014 г. – Москва : Росинформагротех, 2014. – 104 с. – Текст : непосредственный.
6. Климов, В. В. Оборудование теплиц для подсобных и личных хозяйств / В. В. Климов. – Москва : Энергоатомиздат, 1992. – 96 с. – ISBN: 5-283-00697-2. – Текст : непосредственный.
7. СП 131.13330.2012. Строительная климатология : свод правил : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. № 275 : актуализированная редакция СНиП 23-02-99*. – дата введения 01 января 2013 г. – Москва, 2015. – 120 с. – Текст : непосредственный.

PAVLOV Mikhail Vasilevich, candidate of sciences, associate professor of the chair of heat, gas and water supply; KARPOV Denis Fyodorovich, competitor for the degree of candidate of sciences, senior teacher of the chair of heat, gas and water supply

CALCULATION METHOD OF RADIANT AND CONVECTIVE HEATING OF A WINTER GREENHOUSE

Vologda State University

15, Lenin St., Vologda, 160000, Russia. Tel. +7 (8172) 72-46-45;

e-mail: pavlov_kaftgv@mail.ru

Key words: radiant-convective heating; infrared emitter; heater; soil; greenhouse.

The article considers a calculation method of a greenhouse combined heating system which includes convective heating devices used for heating the indoor air, and infrared radiators designed to provide the required thermal regime of the soil. The developed calculation method has been tested using the industrial greenhouse “Fermer 7.5” for year-round cultivation of agricultural products under cover.

REFERENCES

1. Lyashenko T. A., Cheremisina S. A. Issledovanie energoeffektivnosti sistemy otopeniya v teplitsakh dlya usloviy Amurskoy oblasti [Study of energy efficiency of the heating system in greenhouses for the conditions of the Amur region]. Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya



[Trends in the development of science and education]. 2018. № 35. P. 13–17.

2. Belyaeva E. A., Khalmetov A. A. Preimushchestvo v ispolzovanii infrakrasnoy sistemy otopeniya teplits [The advantages of using an infrared heating system for greenhouses]. Problemy i perspektivy razvitiya stroitelstva, teplogazosnabzheniya i energoobespecheniya [Problems and prospects of development of construction, heat and gas supply and energy supply]. 2018. P. 46–48.

3. Dvorny V. V., Avdzhyan N. S., Milovanov M. I. Vozmozhnost ispolzovaniya nizkopotentsialnogo tepla grunta dlya otopeniya teplits v zimniy period goda [The possibility of using low potential heat of the soil for heating greenhouses in the winter season]. Nauka i obrazovanie: problemy i strategii razvitiya [Science and education: problems and development strategies]. 2017. Vol. 1. № 1 (3). P. 62–63.

4. Taymaskhanov Kh. E., Zaurbekov Sh. Sh., Mintsayev M. Sh., Yakubov T. V., Barzaeva M. A. Ekonomicheskaya tselesoobraznost ispolzovaniya geotermalnoy energii dlya otopeniya teplits [Economic feasibility of using geothermal energy for heating]. Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya: problemy i rezultaty [Basic and applied research: problems and results]. 2017. P. 167–172.

5. RD-APK 1.10.09.01-14. Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu teplits i teplichnykh kombinatov dlya vyrashchivaniya ovoschey i rassady [Methodical recommendations on the technological design of greenhouses and greenhouse plants for growing vegetables and seedlings]. 2014, 104 p.

6. Klimov V. V. Oborudovanie teplits dlya podsobnykh i lichnykh khozyaystv [Equipment for greenhouses for subsidiary and personal farms]. Moscow: Energoatomizdat, 1992, 96 p. ISBN: 5-283-00697-2.

7. SP 131.13330.2012. Stroitel'naya klimatologiya [Building climatology]. Svod pravil: izdanie ofitsialnoe: utverzhdyon Prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 30 iyunya 2012 g. № 275: aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-99*. – data vvedeniya 01 yanvarya 2013 g. Moscow, 2015, 120 p.

© М. В. Павлов, Д. Ф. Карпов, 2020

Получено: 12.10.2019 г.

УДК 697.353

Д. В. СУВОРОВ, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры теплогазоснабжения;
И. А. АНДРИАНОВА, магистрант; **К. А. ВЯХИРЕВ**, студент

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ КОМФОРТНОСТИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-03-82;
эл. почта: unirs@nngasu.ru

Ключевые слова: энергоэффективность, лучистое отопление, природный газ, зональный обогрев, свиноводческие комплексы, условия комфортности, черное излучение.

Рассматривается возможность реализации систем газового лучистого отопления свиноводческого комплекса с учетом требований гигиенических норм, действующих на территории РФ.

В настоящее время большое внимание уделяется проблемам энергосбережения и экономии энергоресурсов. Значительная часть потребляемой энергии тратится на отопление зданий, поэтому ведутся активные поиски наиболее экономич-



ных и эффективных способов отопления.

Для нынешнего этапа развития систем теплоснабжения самым распространенным направлением является разумная децентрализация систем с целью энергосбережения. Животноводческие фермы располагаются в удалении от городов, и вести к ним тепловые сети от больших котельных нерентабельно. Одним из самых актуальных способов децентрализованного теплоснабжения является газовое лучистое отопление. Различные приборы для такого отопления широко распространены на современном рынке отопительной техники, например, оборудование производителя *Systema (Infra MC, OHA, SCR)*, Сибртех и др. Их эффективность обусловлена главным образом наличием значительной лучистой составляющей в тепловом потоке, генерируемом обогревателями, что позволяет поддерживать более низкую температуру внутреннего воздуха при соблюдении комфортных условий в помещении. Данные устройства работают на природном газе.

Использование природного газа в качестве топлива является преимущественным, так как регулирование процесса его сжигания и создания совершенных газогорелочных устройств с более высоким КПД, чем при использовании других видов топлива, создает благоприятные перспективы для использования газа в отопительных установках. Процент его использования для системы отопления возрастает ежегодно, так как появляется много новой отопительной техники на рынке.

Как было отмечено выше, в последнее время широкое применение находят нетеплоемкие отопительные приборы. Более перспективным в этом отношении являются системы лучистого отопления с газовыми горелками инфракрасного излучения. Эта идея является одним из вариантов энергосберегающих технологий.

Искусственное лучистое отопление реализуется на практике с помощью таких приборов, как газовые инфракрасные излучатели. Такая отопительная система представляет собой тепловые устройства, расположенные в верхней части помещения. Когда отопление начинает работать, приборы излучают в пространство электромагнитные волны в инфракрасном спектре.

Инфракрасные газовые излучатели – это вид обогревательных приборов, который дает возможность производить точечный или зональный обогрев. Принцип работы инфракрасного обогревателя схож с эффектом солнечного излучения. Тепловые лучи поглощаются различными поверхностями и стенами, потолком, полом, а затем поверхности нагревают воздух в рабочей зоне помещения [1].

В случае зонального обогрева в разных частях помещения могут поддерживаться режимы с разной температурой путем распределения ИК-излучателей в пространстве и зонирования зоны действия [2, 3].

Точечный обогрев достигается путем размещения приборов над отдельными рабочими местами без обогрева всего помещения.

Лучистое отопление имеет ряд преимуществ:

- 1) устройства и оборудование для лучистого отопления не занимают много места, т. к. монтируются под потолком помещения (отопительные экраны);
- 2) температура воздуха в помещении по вертикали изменяется более равномерно, чем при использовании конвективной системы отопления.

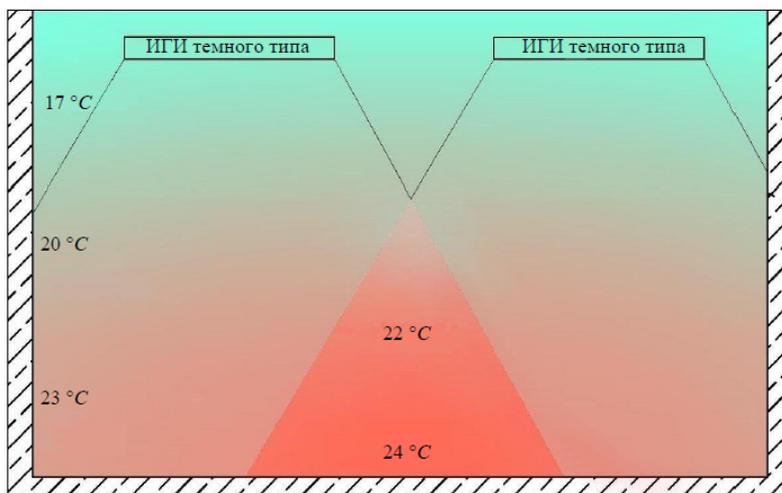


Рис. 1. Схема распределения тепла при использовании инфракрасных обогревателей

Помещения свиноводческого комплекса, как правило, характеризуются большим объемом, и при решении вопроса обогрева возникают определенные трудности. Наиболее часто отопление таких помещений осуществляется с использованием систем воздушного отопления и конвективных нагревателей. При использовании таких систем воздух в помещении начинает обогреваться от расположенных по периметру регистров из гладких труб и сразу поднимается вверх. Это приводит к высоким температурам в верхних зонах помещения и недостаточным для комфортных условий у поверхности пола. При использовании лучистого отопления данный недостаток отсутствует. Установки, как говорилось выше, располагаются под потолком, и инфракрасные волны направляются непосредственно на поверхности, которые нагреваются, а не в воздух. Такая система позволяет достичь оптимальных температур и снизить тепловые потери помещения. Схема представлена на рис. 1.

При лучистом отоплении или обогреве формируется тепловой микроклимат, при котором средняя температура поверхностей выше температуры окружающего воздуха. В холодный период года это оказывает благоприятное воздействие на здоровье и самочувствие людей и позволяет снизить температуру воздуха по сравнению с нормативными значениями.

Тепловые условия в помещении зависят главным образом от температуры внутреннего воздуха t_b и радиационной температуры помещения t_R , то есть от его температурной обстановки, которую принято характеризовать двумя условиями комфортности [4, 5].

Первое условие комфортности определяет такую область сочетаний t_b и t_R , при которых человек, находясь в центре рабочей зоны, не испытывает ни перегрева, ни переохлаждения.

Температуру t_R следует определять как средневзвешенную по коэффициентам облученности:

$$t_R = \sum \varphi_{q-i} t_i, \quad (1)$$

где φ_{q-i} – коэффициенты облученности с человека на отдельные поверхности с температурой t_i при положении человека в середине помещения.



Коэффициенты φ_{q-i} могут быть определены по графикам, полученным И. Шаркаукасасом методом светового моделирования.

Второе условие комфортности определяет допустимые температуры нагретых и охлажденных поверхностей при нахождении человека в непосредственной близости от них. Во избежание недопустимого радиационного перегрева или переохлаждения головы человека поверхности потолка и стен могут быть нагреты или охлаждены до допустимой температуры [4, 5].

Для проверки первого условия комфортности определим радиационную температуру помещения относительно человека, стоящего в центре помещения по формуле (6), табл. 1.

Вспомогательные параметры A, B, C :

$$A = a/b, \quad (2)$$

где a – расстояние от центра помещения до торцевой стены, м;
 b – ширина торцевой стены, м;

$$B = h/b, \quad (3)$$

где h – высота стены, м;

$$C = b/h_{\text{чел}}. \quad (4)$$

$h_{\text{чел}} = 1,8$ м – высота человека, м.

С помощью вспомогательных параметров A, B, C определяем коэффициенты облученности с человека на отдельные поверхности с температурой t_i при положении человека в середине помещения (φ_{q-i}) и коэффициент облученности с элементарной площадки на панель (φ_{q-n}).

Для подсчета вспомогательных параметров данные указаны на рис. 2а, 2б, 2в. Результаты, подсчитанные по формуле (2), (3), (4), представлены в табл. 1.

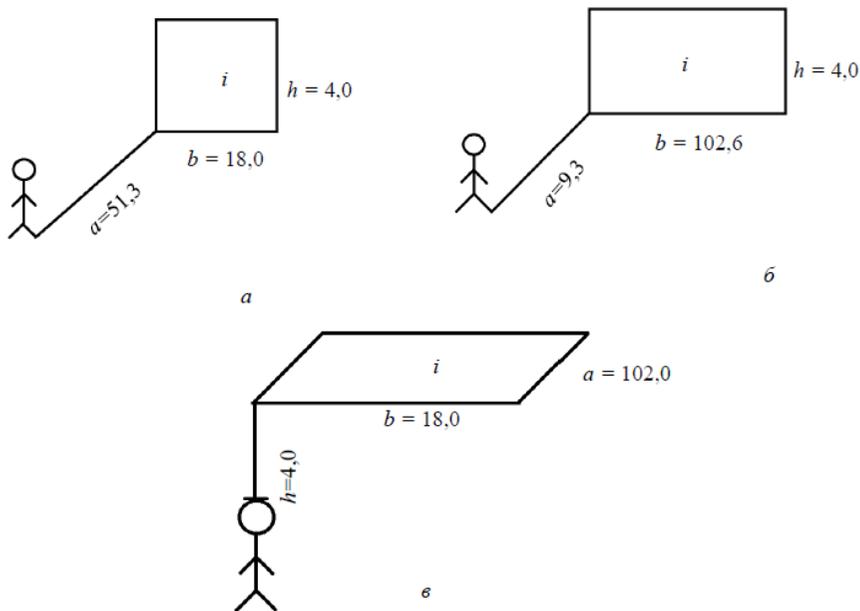


Рис. 2. Расположение человека и поверхности: а – расположение человека напротив торцевой стены в центре помещения; б – расположение человека напротив продольной стены в центре помещения; в – расположение поверхности над точечной сферой и поверхностью



Таблица 1

Результаты расчетов

| Параметры | Рисунок 2а | Рисунок 2б | Рисунок 2в |
|------------------------|------------|------------|------------|
| A | 2,85 | 0,1 | 5,67 |
| B | 0,22 | 0,04 | 0,22 |
| C | 10,0 | 57,0 | 10 |
| $\varphi_{\text{ч-и}}$ | 0,005 | 0,015 | - |
| $\varphi_{\text{ч-п}}$ | - | - | 0,007 |

Определим коэффициент облученности $\varphi_{\text{ч-во}}$ с поверхности человека на поверхность внутренних ограждений

$$\varphi_{\text{ч-во}} = 1 \cdot (\sum \varphi_{\text{ч-и}} + \varphi_{\text{ч-п}}), \quad (5)$$

$$\varphi_{\text{ч-во}} = 1 \times (0,005 + 0,015 + 0,007) = 0,027.$$

Радиационная температура:

$$t_R = \varphi_{\text{ч-и}} \cdot \tau_B + \varphi_{\text{ч-и}} \cdot \tau_{\text{п}} + \varphi_{\text{ч-во}} \cdot t_B. \quad (6)$$

Задаемся ориентировочным значением температуры: панели $\tau_{\text{п}}$, осредненной поверхности наружных ограждений τ_B , внутреннего воздуха t_B .

Пусть $\tau_B = 16 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_{\text{п}} = 350 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_B = 22 \text{ }^\circ\text{C}$,

$$t_R = 0,005 \cdot 16 + 0,007 \cdot 350 + 0,015 \cdot 22 = 2,86 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Согласно *первому* условию комфортности:

$$t_R = 29 - 0,57t_B \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (7)$$

$$t_R = 16,46 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Первое условие комфортности не выполняется.

Уравнение комфортности относительно нагретой поверхности можно считать одной составляющей второго условия комфортности:

$$\tau_{\text{п}}^{\text{доп}} \leq 19,2 \frac{8,7}{\varphi_{\text{ч-п}}}. \quad (8)$$

Коэффициент $\varphi_{\text{ч-п}}$ в уравнении для $\tau_{\text{п}}^{\text{доп}}$ может быть определен в зависимости от размеров панели a и b и расстояния k от человека до нее.

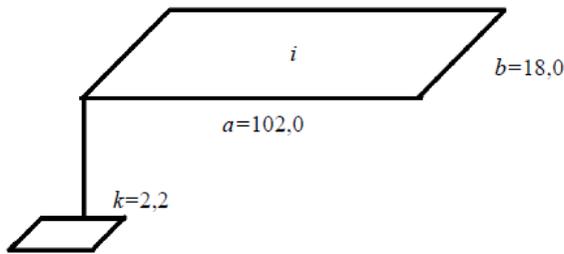


Рис. 3. Параллельное расположение площадки и поверхности

$$b/k = 18/2,2 = 8,2;$$

$$a/k = 102/2,2 = 46,4;$$

$$\varphi_{\text{ч-п}} = 4 \cdot 0,25 = 1;$$

$$\tau_{\text{п}}^{\text{доп}} \leq 19,2 \frac{8,7}{1} = 27,9 \text{ }^\circ\text{C}.$$



Второе условие комфортности не выполняется.

Общее количество излучаемой телом энергии, падающей на облучаемое тело в единицу времени, Вт [5]:

$$Q = Q_A + Q_R + Q_D, \quad (9)$$

где Q_A – поглощенная энергия, кВт, Q_R – отраженная энергия, кВт, Q_D – пропускаемая энергия, кВт; A – поглощательная способность тела, R – отражательная способность тела, D – пропускательная способность (оптическая прозрачность) тела.

Тело, для которого при любой температуре $A = 1$, $R = 0$, $D = 0$, называется «абсолютно черным». Существует понятие «черное излучение». Этот вид излучения соответствует температурному равновесию тела, и количество испускаемой энергии излучения определяется только температурой тела и не зависит от его природы. Этому понятию и отвечает абсолютно черное тело, которое способно поглощать всю падающую на него энергию излучения [6].

Абсолютно черных тел в природе не существует. Излучение реальных тел в зависимости от их физических свойств может протекать по-разному.

Для описания излучения тел с серым излучением приемлемы все законы, которым подчиняется излучение черного тела, если по интенсивности эти излучения различаются только постоянным множителем, который не зависит от длины волны [6].

Поэтому для серых тел закон Стефана-Больцмана может быть записан в виде:

$$E_T = C(T/100)^4. \quad (10)$$

Отношение энергии излучения серого тела к энергии излучения черного при той же температуре называют степенью черноты тела ε :

$$\varepsilon = C/C_0. \quad (11)$$

Зная ε , можно подсчитать энергию излучения серого тела:

$$E_T = \varepsilon C_0 (T/100)^4 = \varepsilon 5,75 (T/100)^4, \quad (12)$$

$\varepsilon = 0,85$ – для нержавеющей стали.

Здесь $C_0 = 5,75$ Вт/(м²·К⁴) – коэффициент излучения абсолютно черного тела.

Плотность теплового потока, снимаемого с поверхности при инфракрасном теплообмене (лучистый поток), описывается законом Стефана-Больцмана.

$$q = \varepsilon C_0 \cdot \left[\left(\frac{T_s}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт/м}^2, \quad (13)$$

где T_s – температура, возникающая на поверхности лучистого отопительного прибора, К; T_c – радиационная температура, отнесенная к греющей поверхности, К.

Рассмотрим несколько примеров ниже с разной температурой T_s на поверхности ИК-излучателя.

$$T_c = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ К};$$

$$1) T_s = 300 \text{ }^\circ\text{C} = 573 \text{ К}$$

$$q = 0,85 \cdot 5,75 \cdot \left[\left(\frac{573}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 4 \text{ 870,85 Вт/м}^2.$$

$$2) T_s = 600 \text{ }^\circ\text{C} = 873 \text{ К.}$$

$$q = 0,85 \cdot 5,75 \cdot \left[\left(\frac{873}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 27 \text{ 813,32 Вт/м}^2.$$

$$3) T_s = 1 \text{ 200 }^\circ\text{C} = 1 \text{ 473 К.}$$

$$q = 0,85 \cdot 5,75 \cdot \left[\left(\frac{1473}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 227 \text{ 967,16 Вт/м}^2.$$

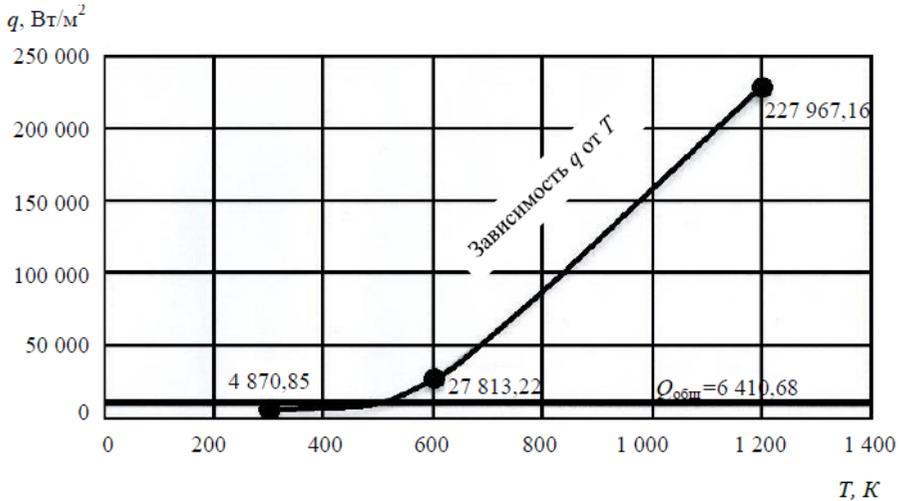


Рис. 4. График зависимости плотности теплового потока от температуры поверхности излучателя

Исследуя принцип работы излучателей, можно сделать выводы о том, что использование лучистых отопительных систем отопления обеспечивает следующие преимущества с точки зрения организации рабочей зоны в свиноводческом комплексе:

1. Централизованное использование природного газа обеспечивает легкость его применения и более удобное регулирование температур в помещении.
2. Температура воздуха на уровне пола на 2-3 °С выше, чем на высоте 1,5 м над полом.
3. Более равномерное распределение температур по всей высоте отапливаемого помещения между излучателем и полом.
4. Не требует применения воды.
5. Лучистая система по сравнению с тепловоздушной работает практически бесшумно.
6. Лучистая система не может замерзнуть.

Для обеспечения общей нагрузки $Q_{\text{общ}}$ на поверхности ИК-излучателя темного типа температура должна составлять 480–555 К.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский, В. Н. Тепловой режим здания / В. Н. Богословский. – Москва : Стройиздат, 1979. – 248 с. : ил. – Текст : непосредственный.
2. Епишков, Е. Н. Высокоэффективная система обеспечения теплового комфорта свинарника-маточника / Н. Е. Епишков, Е. Н. Епишков. – Текст : непосредственный // БИО. – 2003. – № 7 – С. 33–35.
3. Малявина, Е. Г. Теплопотери здания: справочное пособие / Е. Г. Малявина. – Москва : АВОК-ИРЕСС, 2007. – 144 с. – ISBN 978-5-98267-030-4. Текст : непосредственный.
4. Пелипенко, В. Н. Газовые горелки инфракрасного излучения : учебное пособие / В. Н. Пелипенко, Д. Ю. Слесарев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2012. – 118 с. – Текст : непосредственный.
5. Родин, А. К. Газовое лучистое отопление. – Ленинград : Недра, 1987. – 191 с. – Текст : непосредственный.



6. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : свод правил : актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением № 1) : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 года № 968/пр : дата введения 2017-06-17. – Москва : Минрегион России, 2017. – V, 76 с. – Текст : непосредственный.

7. СП 106.13330.2012. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения : свод правил : актуализированная редакция СНиП 2.10.03-84 : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 635/15 : дата введения 2013-01-01. – Москва : Минрегион России, 2011. – 18 с. – Текст : непосредственный.

8. СТО НП «АВОК» 4.1.5-2006. Системы отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями. – Москва : АВОК, 2006. – 12 с. – Текст : непосредственный.

SUVOROV Denis Vladimirovich, candidate of technical sciences, senior teacher of the chair of heat and gas supply; ANDRIANOVA Irina Aleksandrovna, undergraduate student; VYAKHIREV Kirill Alekseevich, student

PROVIDING COMFORT CONDITIONS FOR LIVESTOCK COMPLEXES BY INFRARED RADIATION

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-03-82;
e-mail: unirs@nngasu.ru

Key words: energy efficiency, radiant heating, natural gas, zone heating, pig farms, comfort conditions, black radiation.

The article considers the possibility of implementation of gas radiant heating systems of pig breeding complex taking into account the requirements of hygienic standards in force on the territory of the Russian Federation.

REFERENCES

1. Bogoslovsky V. N. Teplovoy rezhim zdaniya [Thermal regime of the building]. Moscow: Stroyizdat, 1979. 248 p., il.
2. Epishkop E. N., Epishkov N. E. Vysokoeffektivnaya sistema obespecheniya teplovogo komforta svinarnika-matochnika [A highly effective system for ensuring thermal comfort of a brood piggery] / BIO. 2003. № 7. P. 33–35.
3. Malyavina E. G. Teplopoteri zdaniya: spravochnoe posobie [Heat loss of the building: reference manual] / Moscow: AVOK-PRESS, 2007, 144 p. ISBN 978-5-98267-030-4.
4. Pelipenko V. N., Slesarev D. Yu. Gazovye gorelki infrakrasnogo izlucheniya [Gas burners of infrared radiation]: ucheb.posobie. Togliatti: Izd-vo TGU, 2012, 118 p.
5. Rodin A. K. Gazovoe luchistoe otoplenie [Gas radiant heating]. Leningrad : Nedra, 1987, 191 p.
6. СП 60.13330.2016. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha [Heating, ventilation and air conditioning]: svod pravil : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 41-01-2003 (s Izmeneniem № 1) : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 16 dekabrya 2016 goda № 968/pr : data vvedeniya 2017-06-17. Moscow: Minregion Rossii, 2017. V, 76 p.
7. СП 106.13330.2012 Zhivotnovodcheskie, ptitsevodcheskie i zverovodcheskie zdaniya i pomescheniya [Livestock, poultry and animal husbandry buildings and premises]: svod pravil :



aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.10.03-84: utverzhdyon prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii (Minregion Rossii) ot 29 dekabrya 2011 goda № 635/15 : data vvedeniya 2013-01-01. Moscow: Minregion Rossii, 2011, 18 p.

8. STO NP "AVOK" 4.1.5-2006. Sistemy otopeniya i obogreva s gazovymi infrakrasnymi izluchatelyami [Heating systems with gas infrared emitters]. Moscow : AVOK, 2006, 12 p.

© Д. В. Суворов, И. А. Андрианова, К. А. Вяхирев, 2020

Получено: 17.01.2020 г.

УДК 697.32:621.18

Р. В. КОНДРАТЬЕВ, аспирант кафедры теплогазоснабжения

СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ТВЕРДОЕ ВЛАЖНОЕ ТОПЛИВО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ (СВЧ)

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 435-45-35;
эл. почта: rvkondratev@mail.ru

Ключевые слова: СВЧ-воздействие, дымовые газы, конденсат, предтопочная камера, кора дуба, торф, сверхвысокие частоты, котлоагрегат, оксиды азота.

В результате ряда экспериментов, проведенных с разными топливными образцами, установлено, что под воздействием СВЧ-излучения наблюдается снижение содержания в них азота, в пределах от 10 до 30 %. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению NOx в дымовых газах, полученных при их сжигании. Вместе с тем дымовые газы, имеющие после прохождения через конденсационные теплообменники (КТ) пониженное влагосодержание, используют для комбинированной, совместной с СВЧ-излучением сушки влажного твердого топлива в предтопочной камере (ПК) КТ. В результате этого процесса происходит дальнейшее охлаждение дымовых газов. Кроме того, при применении СВЧ-излучения значительно снижается механический недожог топлива в котельных установках (КУ), что также имеет положительный природоохранный эффект.

Введение

Современное развитие топливно-энергетической отрасли характеризуется значительным увеличением стоимости используемых энергетических ресурсов и постоянно повышающимися требованиями к применяемому оборудованию в целях снижения вредного воздействия на окружающую среду.

В процессе сжигания в котельных установках твердого топлива (торф, древесные отходы) с высокой влажностью происходит образование высокотемпературных дымовых газов с большим содержанием водяных паров, оказывающих, в свою очередь, в сочетании с азотной и азотистой кислотами, агрессивное коррозионное воздействие на все теплотехническое оборудование.

Снижение концентрации водяных паров и температуры уходящих дымовых газов достигают за счет применения конденсационных теплообменников, уменьшая при этом, соответственно, и теплотери. Концентрацию интенсифицирующих коррозионные процессы оксидов азота (NOx) в уходящих дымовых газах, предлагается снижать путем кратновременного наложения на твердое влажное топливо электромагнитного поля сверхвысоких частот.



Анализ работы твердотопливных теплогенерирующих установок показывает, что за счет снижения механического недожога топлива и потерь теплоты с уходящими дымовыми газами можно не только повысить теплотехнические характеристики КУ, но и значительно уменьшить вредные выбросы.

Одними из возможных вариантов повышения коэффициента полезного действия (КПД) КУ являются:

- 1) использование теплоты водяных паров, содержащихся в уходящих дымовых газах, путем их охлаждения в КТ до температуры ниже точки росы;
- 2) использование теплоты дымовых газов для предварительной сушки влажного твердого топлива.

При этом одновременно с повышением КПД КУ в дымовых газах происходит снижение содержания водяных паров и оксидов азота, оказывающих агрессивное коррозионное воздействие на все теплотехническое оборудование

Однако применение КТ для охлаждения дымовых газов, с температурой 120–180 °С, до температуры 60–70 °С (ниже точки росы) снижает их влагосодержание, но не исключает возможности конденсации остаточных водяных паров в наружных газоходах и дымовой трубе. Отсутствие фундаментальных исследований в этой области и недостаточная практика применения не позволяют принять оптимальное решение при проектировании КУ с КТ. Данное обстоятельство значительно затрудняет широкое использование КТ в теплогенерирующих установках.

Технология СВЧ-воздействия

В качестве одного из перспективных способов, который позволит значительно снизить течение коррозионных процессов в газовом тракте твердотопливной КУ, предлагается воздействовать на топливо высокоградиентным СВЧ-полем.

Технология заключается в кратковременном СВЧ-воздействии на влажное твердое топливо направленного потока СВЧ-излучения. Твердое влажное топливо в виде кусков, гранул или сыпучем виде размещается в ПК котлоагрегата, оборудованную магнетроном, и подвергается воздействию СВЧ-поля. После возникновения на его поверхности трещин и повышения температуры происходит поджог материала. Окончание стадии процесса поджога сопровождается возникновением незагорающего факела активационных летучих углеводородов, выходящих из топлива.

Метод основан на избирательном воздействии электромагнитного поля на дипольные молекулы воды. При этом значительно изменяется реакционная способность воды и водных растворов. Величина таких воздействий может быть достаточно мала.

Молекулы воды совершают колебательные движения. При совпадении частоты внешнего воздействия с собственной частотой колебаний возникает резонанс, который разрушает в них водородные связи [1].

Электромагнитные волны вызывают деформацию водородных связей, в том числе изменение длины Н-О или углов Н-О-Н. При этих изменениях дипольный момент растет, что приводит к уширению и сдвигу в низкочастотную область полос поглощения в колебательных спектрах воды. Межмолекулярные связи менее устойчивы и сравнительно легко разрушаются от коротковолновых электромагнитных воздействий.

Поглощение водой излучения СВЧ-диапазона обусловлено ориентационной поляризацией молекул. В качестве противодействующих эффектов выступают межмолекулярное взаимодействие и тепловое движение молекул.

Электромагнитное поле изменяет решетку молекул воды, ориентируя диполи [2, 3].

Поглощая микроволновое излучение, диполи воды приобретают колеба-



тельное движение, непрерывно ориентируясь в направлении меняющегося поля. неполярные молекулы поляризуются за счет смещения их заряда, в результате чего и повышается частота их столкновений. Данные процессы являются причиной межмолекулярного трения, что приводит к тепловыделению и нагреванию диэлектрического материала изнутри.

Вышеуказанные процессы, происходящие под воздействием СВЧ-излучения, приводят к изменению элементного состава топлива. Например, происходит снижение азота. Данный эффект подтверждается результатами экспериментальных данных, полученных с применением элементного анализатора “Vario EL cube” [4].

Суть проведенных экспериментов заключается в сравнительном анализе элементного состава влажного и сухого топлива до СВЧ-воздействия и после него.

Результаты экспериментов приведены на рис. 1 и 2.

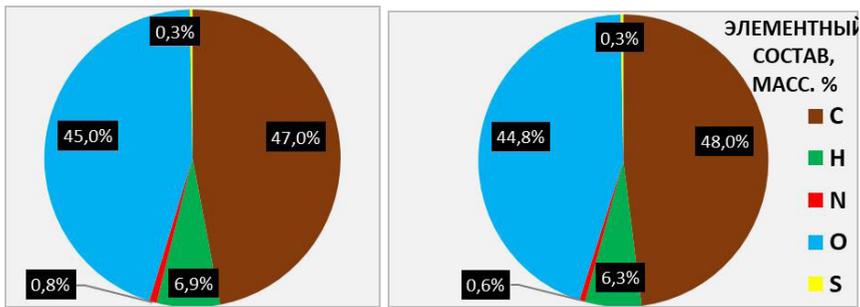


Рис. 1. Доли, занимаемые каждым элементом в образце: слева – торф сухой, справа – торф после СВЧ-обработки

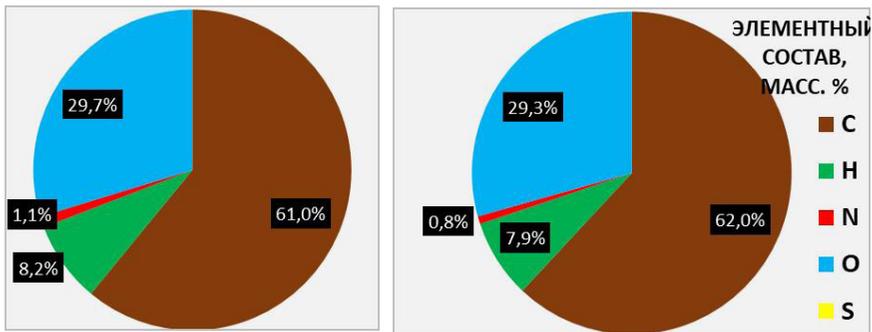


Рис. 2. Доли, занимаемые каждым элементом в образце: слева – кора дуба сухая, справа – кора дуба после СВЧ-обработки

Таким образом, в результате проведенных экспериментов по СВЧ-обработке образцов твердого топлива с высоким значением влажности установлено, что в них уменьшается содержание азота в пределах от 10 до 30 %, а также происходит снижение топливных NOx в дымовых газах, полученных при их сжигании.

Выводы:

- 1. Технология применения в КУ КТ и ПК с СВЧ-генератором, позволяет снизить:
– объем выбросов в атмосферу NOx;



– концентрацию азотной и азотистой кислот в теплообменном оборудовании и на поверхностях дымоходов, газоходов газового тракта котельной установки;

– температуру уходящих домашних газов.

2. КПД КУ повышается на 5–10 %.

3. Монтаж дополнительного оборудования не потребует существенной переделки уже эксплуатируемых твердотопливных котельных и позволит модернизировать большое число эксплуатируемых КУ за короткое время и с низкими финансовыми затратами [5, 6].

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о необходимости внедрения данной технологии в теплоэнергетическом комплексе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жидько, М. В. Влияние ВЧ поля на растворимость кислорода в воде и ее физико-химические свойства / М. В. Жидько, Б. П. Шипунов. – Текст : непосредственный // Сборник трудов I-й Международной Российской Казахстанской конференции по химии и химической технологии. – Томск, 2011 г. – С. 77–79.

2. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ- и СВЧ – диапазонов на жидкую воду / Л. Д. Гапочка, М. Д. Гапочка, А. Ф. Королев [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Московского университета. Серия «Физика. Астрономия». – 1994. – Т. 35, № 4. – С. 71 – 76.

3. Бессонова, А. П. Влияние электромагнитного поля на физико-химические свойства воды и ее спектральные характеристики / А. П. Бессонова, И. Е. Стась. – Текст : непосредственный // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С. 305–309.

4. Элементный анализатор Vario EL cube. – URL: <http://abacus-lab.ru/media/103587/el.pdf> (дата обращения: 01.12.2019). – Текст : электронный.

5. Кондратьев, Р. В. Использование альтернативных видов топлива в северных районах Нижегородской области / Р. В. Кондратьев, М. А. Кочева. – Текст : электронный // Студенческий научный форум 2013 : V международная студенческая электронная научная конференция. – URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/59/2454> (дата обращения 01.12.2019 г.).

6. Кондратьев, Р. В. Тепловой баланс отопительной водогрейной котельной установки с конденсационным теплообменником, работающей на древесных отходах (пеллетах) / Р. В. Кондратьев, Г. М. Климов. – Текст : электронный // Студенческий научный форум 2014 : VI международная студенческая электронная научная конференция. – URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/467/4020> (дата обращения 01.12.2019 г.).

KONDRATEV Roman Vyacheslavovich, postgraduate student of the chair of heat and gas supply

REDUCTION OF HARMFUL EMISSIONS OF THE BOILER PLANT UNDER THE INFLUENCE OF ULTRAHIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD (MICROWAVE) ON WET FUEL

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 435-45-35;
e-mail: rvkondratev@mail.ru

Key words: UHF influence, smoke fumes, condensate, pre-furnace chamber, oak bark, peat, ultrahigh frequency (UHF), boiler, nitric oxides.



As a result of a number of experiments conducted with different fuel samples, it was found that under the influence of microwave radiation, there is a decrease in the content of nitrogen in them, ranging from 10 to 30 %. This, in its turn, leads to a decrease of NO_x in smoke fumes produced by their combustion. At the same time, fume smokes having passed through condensing heat exchangers (CHE), reduce their moisture content, and are used for combined, joint with microwave radiation, drying of wet solid fuel in the pre-furnace chamber (PC) of CHE. In the result of this process, the smoke fumes are further cooled. In addition, the use of microwave radiation significantly reduces the mechanical underburning of fuel in boilers, which also has a positive environmental effect.

REFERENCES

1. Zhidko M. V., Shipunov B. P. Vliyanie VCh polya na rastvorimost kisloroda v vode i eyo fiziko-khimicheskie svoystva [Influence of HF field on oxygen solubility in water and its physico-chemical properties] / Sb. trudov I-oy Mezhdunarodnoy Rossiyskoy Kazakhstanskoy konferentsii po khimii i khimicheskoy tekhnologii [Proceedings of the I-st International Russian conference on chemistry and chemical technology]. Tomsk, 2011. P. 77–79.
2. Gapochka L. D., Gapochka M. D., Korolev A. F., et al. Vozdeystvie elektromagnitnogo izlucheniya KVCh- i SVCh – diapazonov na zhidkuyu vodu [Effect of electromagnetic radiation of EHF and SHF – bands on liquid water] // Vestnik MGU [MSU Vestnik]. – Ser. – Phys. Astron. 1994. Vol. 35. № 4. P. 71–76.
3. Bessonova A. P., Stas I. E. Vliyanie elektromagnitnogo polya na fiziko-khimicheskie svoystva vody i eyo spektralnye kharakteristiki [Influence of electromagnetic field on physical and chemical properties of water and its spectral characteristics] / Polzunovskiy Vestnik. 2008. № 3. P. 305–309.
4. Elementny analizator Vario EL cube [Elemental analyzer Vario EL cube]. URL: <http://abacus-lab.ru/media/103587/el.pdf> (data obrascheniya: 01.12.2019).
5. Kondratev R. V., Kocheva M. A. Ispolzovanie alternativnykh vidov topliva v severnykh rayonakh Nizhegorodskoy oblasti [Use of alternative fuels in the northern regions of the Nizhny Novgorod region]. Studencheskiy nauchny forum 2013 : V mezhdunarodnaya studencheskaya elektronnyaya nauchnaya konferentsiya [Student Science Forum 2013. V International Student Electronic Scientific Conference]. URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/59/2454> (data obrascheniya: 01.12.2019).
6. Kondratev R. V., Klimov G. M. Teplovoy balans otopitelnoy vodogreynoy kotelnoy ustanovki s kondensatsionnym teploobmennikom, rabotayuschey na drevesykh otkhodakh (pelletakh) [The thermal balance of the heating water-heating boiler plant with a condensing heat exchanger operating on wood waste (pellets)]. Studencheskiy nauchny forum 2014 : VI mezhdunarodnaya studencheskaya elektronnyaya nauchnaya konferentsiya [Student Scientific Forum 2014. VI International Student Electronic Scientific Conference]. URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/467/4020> (data obrascheniya: 01.12.2019).

© **Р. В. Кондратьев, 2020**

Получено: 17.01.2020 г.

УДК 691.175.2

В. Д. ЧЕРКАСОВ¹, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой прикладной механики; **Ю. В. ЮРКИН**², канд. техн. наук, зав. кафедрой строительных конструкций и машин; **В. В. АВДОНИН**¹, канд. техн. наук, доц. кафедры строительных конструкций и машин; **В. О. ПИЛЬЩИКОВ**¹, аспирант кафедры прикладной механики

ЭЛАСТИЧНАЯ САМОКЛЕЯЩАЯСЯ МАТРИЦА ДЛЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ

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

Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. Тел.: (951) 342-98-43; эл. почта: vlad-pil-2020@mail.ru.

²ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Россия, 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36. Тел.: (951) 053-52-08; эл. почта: avdoninvalerii@bk.ru.

Ключевые слова: эластичная матрица, состав вязкой матрицы, прочность связи с металлом, адгезионная прочность.

Обоснован выбор этиленпропиленового каучука в качестве основы эластичной матрицы, и разработана эластичная матрица на его основе. Состав вязкой матрицы включает связующее из этиленпропиленового каучука, пластификатор, адгезионную и технологическую добавки. Для размягчения каучука используется индустриальное масло И-40, а в качестве агента липкости – смола АФФС. Критерием оптимизации составов служит прочность связи с металлом при отслаивании. Приводится влияние количества масла и смолы на состав материалов и влияние количества наполнителя на прочность связи с металлом. В ходе экспериментов выявлено, что для сохранения адгезионной прочности в вязкую матрицу необходимо добавлять наполнитель в объеме 52 %.

Радиационно-защитные покрытия в процессе эксплуатации способны накапливать радионуклиды и сами становятся источником радиоактивного излучения. В таком случае они должны быть быстро демонтированы и утилизированы, а на их место должны быть также быстро установлены другие покрытия. С этой точки зрения наиболее подходящими радиационно-защитными покрытиями являются самоклеящиеся. Для получения самоклеящихся радиационно-защитных покрытий наиболее подходят каучуки. Имеется большой опыт создания на основе каучуков герметизирующих материалов листовых и мастичных [1, 2, 3].

Из каучуков разработаны неотверждаемые эластичные самоклеящиеся герметизирующие материалы [4], обладающие гидроизолирующими и пароизоляционными свойствами, стойкостью к действию агрессивных сред, грибоустойкостью, высокой физической стабильностью и адгезией к металлу и бетону. Эти материалы имеют низкую стоимость и просты в изготовлении. Сырье для их изготовления широко доступно. По аналогии с этими материалами предлагается изготавливать эластичные радиационно-защитные покрытия различного функционального назначения. Прежде всего будет разработана эластичная матрица на основе этиленпропиленового каучука. Комбинируя состав вязкой матрицы и химический состав внедренных в нее частиц экранирующего наполнителя, можно создавать различ-



ные типы материалов, отвечающие различным потребностям и критериям защиты при различных эксплуатационных воздействиях.

Выбор этиленпропиленового каучука в качестве основы матрицы обусловлен его относительно высокой радиационной стойкостью по сравнению с другими видами каучуков. Относительная радиационная стойкость некоторых полимерных материалов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Относительная радиационная стойкость полимерных материалов

| Материал | Пороговая доза, МГР | | |
|--------------------------------|---------------------|-----|-----|
| | I | II | III |
| Полиэтилен | - | 0,1 | 0,9 |
| Полипропилен | - | - | 0,1 |
| Сополимер этилена с пропиленом | - | 0,1 | 0,5 |

Примечание. Радиационные повреждения: I – незначительные; II – заметные; III – значительные

Этот каучук доступен. Он считается перспективным материалом для создания на его основе радиационно-защитных материалов от нейтронного излучения. В настоящее время он имеет широкое применение в атомной промышленности, электротехнической и в быту [5].

Состав вязкой матрицы включает связующее из этиленпропиленового каучука, пластификатор, адгезионную и технологическую добавки.

Для размягчения каучука используется индустриальное масло И-40, а в качестве агента липкости – смола АФФС. Для установления необходимого количества этих компонентов в составе матрицы использовали метод математического планирования эксперимента. В качестве первого фактора X_1 приняли количество масла, которое варьировалось в следующих пределах: 100, 140, 180 массовых частей, вторым фактором X_2 было количество смолы, которое варьировалось в пределах 40, 60, 80 массовых частей. Критерием оптимизации служила прочность связи с металлом при отслаивании, которая определялась в соответствии с ГОСТ 21981-76 Герметики. Метод определения прочности связи с металлом при отслаивании [6]. При этом количество каучука принято 50 массовых частей. Матрица планирования и рабочая матрица приведены в табл. 2.

В результате обработки результатов эксперимента получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 4650 - 135X_1 + 462,5X_2 - 4395X_1^2 - 586,25X_1X_2 - 2962,5X_2^2 + 538,75X_1^2X_2 - 753,75X_1X_2^2 + 4131,25X_1^2X_2^2.$$

Из полученного уравнения видно, что увеличение количества масла снижает прочность связи с металлом при отслаивании.

Приведено влияние количества масла и смолы на прочность связи с металлом при отслаивании (рис. 1, 2, 3).

Матрица планирования и рабочая матрица

| Номер опыта | Матрица планирования | | Рабочая матрица | | Прочность связи с металлом при отслаивании, Н/м |
|-------------|----------------------|-------|---------------------------|---------------------------|---|
| | X_1 | X_2 | Количество масла, мас. ч. | Количество смолы, мас. ч. | |
| 1 | + | + | 180 | 80 | 950 |
| 2 | - | + | 100 | 80 | 3 900 |
| 3 | + | - | 180 | 40 | 120 |
| 4 | - | - | 100 | 40 | 725 |
| 5 | - | 0 | 100 | 60 | 390 |
| 6 | + | 0 | 180 | 60 | 120 |
| 7 | 0 | - | 140 | 40 | 1 225 |
| 8 | 0 | + | 140 | 80 | 2 150 |
| 9 | 0 | 0 | 140 | 60 | 4 650 |

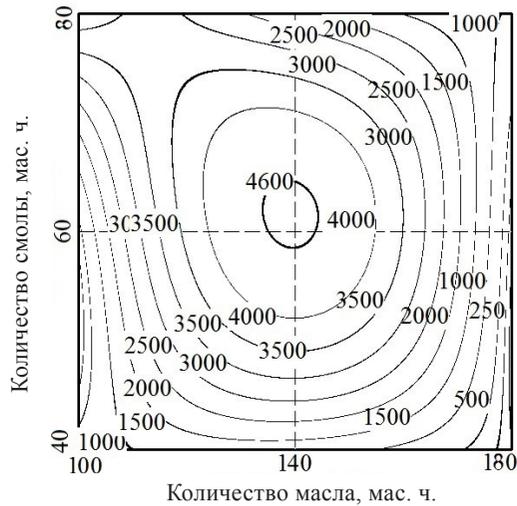


Рис. 1. Влияние количества масла и смолы на прочность связи с металлом при отслаивании

Из приведенных рисунков видно, что оптимальное содержание масла в составе составляет 140 мас. ч., а смолы – 60 мас. ч.

Увеличение количества масла более 140 мас. ч. приводит к снижению прочности связи с металлом при отслаивании (рис. 2). Повышение количества смолы более 60 мас. ч. приводит к миграции масла. В результате этого происходит снижение прочности связи с металлом при отслаивании (рис. 3).

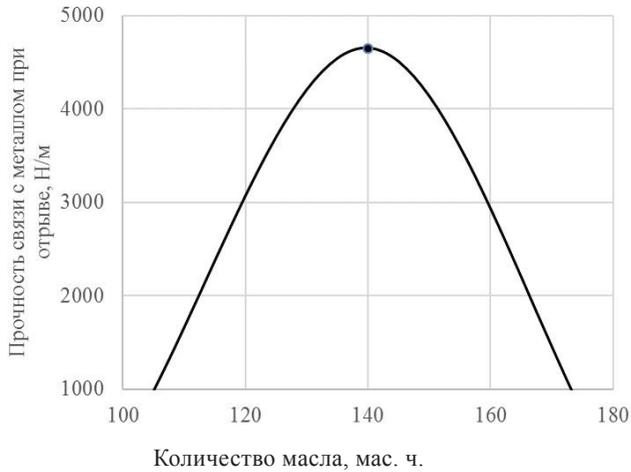


Рис. 2. Влияние количества масла на прочность связи с металлом при отслаивании при содержании смолы 60 мас. ч.

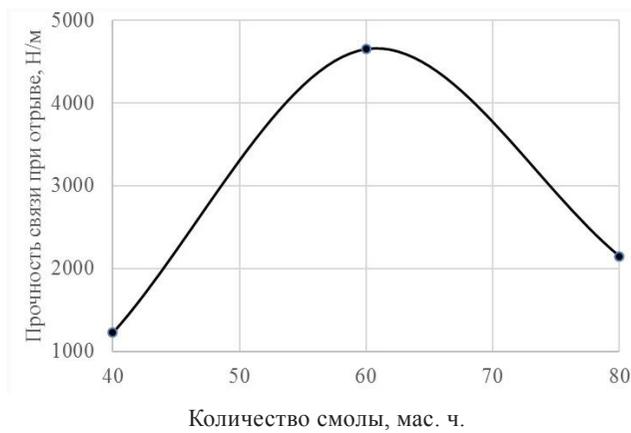


Рис. 3. Влияние количества смолы на прочность связи с металлом при отслаивании при содержании масла 140 мас. ч.

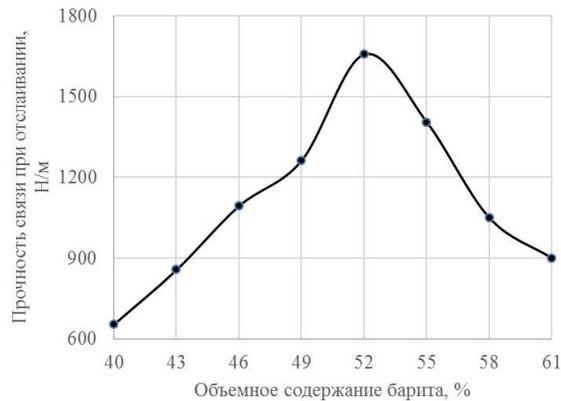


Рис. 4. Влияние количества наполнителя на прочность связи с металлом при отслаивании



На прочность связи с металлом при отслаивании влияет количество наполнителя. В качестве наполнителя использовали сульфат бария. Приведено влияние количества наполнителя на прочность связи с металлом при отслаивании (рис. 4).

Как видно из рис. 4, до объемного содержания наполнителя 52 % адгезионная прочность растет и достигает максимального значения. Дальнейшее увеличение количества наполнителя приводит к резкому снижению адгезионной прочности. В связи с этим для сохранения адгезионной прочности в вязкую матрицу необходимо добавлять наполнителя в объеме 52 %.

Исследовано влияние порошка вольфрама марки ПВТ на прочность связи с металлом при отслаивании (рис. 5).

При содержании порошка вольфрама более 46 % адгезионная прочность начинает снижаться, но при содержании порошка вольфрама 52 % адгезионная прочность достаточна (норма – не менее 600 Н/м). Поэтому для сохранения радиационно-защитных свойств материала содержание порошка вольфрама необходимо принимать 52 %.

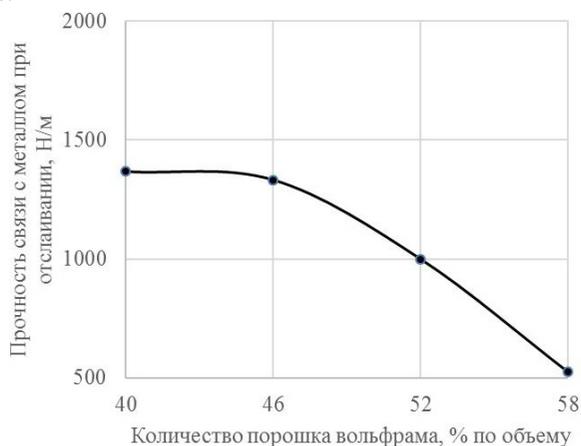


Рис. 5. Влияние количества порошка вольфрама на прочность связи с металлом при отслаивании

Выводы:

1. Для получения эластичной самоклеящейся матрицы необходимы следующие компоненты: каучук СКЭПТ – 50 мас. ч., индустриальное масло И-40 – 140 мас. ч., смола АФФС – 60 мас. ч., наполнитель – 52 % по объему.

2. При этом прочность связи с металлом при отслаивании у образцов на бариате составляет 4600 Н/м, у образцов на вольфраме – 1000 Н/м, а прочность связи с бетоном при отрыве – 1,5–2,5 МПа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Название проекта «Прикладные научные исследования, направленные на создание съёмных эластичных самоклеящихся радиационно-защитных покрытий, обеспечивающих экологически безопасное обращение с радиационно-активными отходами» (код формы заявки «2018-14-000-0001-028»). Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57418X0187.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2545350 Российская Федерация, МПК С 08 К 3/22, А 41 D 19/015. Защищающий от радиации эластомерный материал, многослойная перчатка для защиты от



ионизирующего излучения и их применение : № 2012107700/05 : заявл. 29.07.10 : опубл. 27.03.15 / Ларминьи Жан-Филипп, Матье Жан-Поль, Герен Доминик, Добровольски Антуан ; заявитель и патентообладатель Арева, Пьеркан. – 3 с. – Текст : непосредственный.

2. Патент № 156351 Российская Федерация, МПК G 21 F 3/00. Экран для защиты от радиационного излучения : № 2015115999/07 : заявл. 27.04.15 : опубл. 10.11.15 / Артамонова Т. А., Савченкова Г. А., Савченков В. П. ; заявитель ООО «Завод герметизирующих материалов». – 4 с. – Текст : непосредственный.

3. Патент № 2111559 Российская Федерация, МПК G 21 F 1/00. Материал, защищающий от проникающего излучения : № 97109830/25 ; заявл. 26.06.97 ; опубл. 20.05.98 / Гончаров С. И., Федотов В. А. ; заявитель и патентообладатель Гончаров С. И., Федотов В. А. – 5 с. – Текст : непосредственный.

4. Кошелев, Ф. Ф. Общая технология резины / Ф. Ф. Кошелев, А. Е. Корнев, А. М. Буканов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Химия, 1978. – 528 с. – Текст : непосредственный.

5. Özdemir, T. Flexible neutron shielding composite material of EPDM rubber with boron trioxide: Mechanical, thermal investigations and neutron Shielding tests / T. Özdemir, A. Güngör, I. A. Reyhancan. – Text : direct // Radiation Physics and Chemistry. – 2017. – Volume 131. – P. 7–12.

6. ГОСТ 21981-76 Герметики. Метод определения прочности связи с металлом при отслаивании : официальное издание : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов совета Министров СССР от 29 июня 1976 г. № 1618. – Москва : Изд-во стандартов, 1991. – 6 с. – Текст : непосредственный.

CHERKASOV Vasily Dmitrievich¹, corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of applied mechanics; YURKIN Yury Viktorovich², candidate of technical sciences, holder of the chair of building structures and machines; AVDONIN Valery Viktorovich¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of building structures and machines; PILSHIKOV Vladislav Olegovich¹, postgraduate student of the chair of applied mechanics

ELASTIC SELF-ADHESIVE MATRIX FOR RADIATION PROTECTIVE COATING

¹Ogaryov Mordovian State University

68, Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Russia. Tel.: +7 (951) 342-98-43;

e-mail: vlad-pil-2020@mail.ru.

²Vyatka State University

36, Moskovskaya St., Kirov, 610000, Russia. Tel.: +7 (951) 053-52-08;

e-mail: avdoninvalerii@bk.ru

Key words: elastic matrix, composition of viscous matrix, bond strength with metal, adhesive strength.

The article substantiates the choice of ethylene propylene rubber as the basis of the elastic matrix and describes an elastic matrix based on it. The composition of the viscous matrix includes a binder of ethylene propylene rubber, plasticizer, adhesive and technological additives. Industrial oil I-40 is used to soften rubber, and AFFS resin is used as a stickiness agent. The criterion for optimizing the compositions is the strength of the bond with the metal during exfoliation. The influence of oil and resin in the composition of materials and the influence of amount of filler on the bond strength with the metal is given. In the course of the experiments it was revealed that in order to preserve the adhesive strength in the viscous matrix it is necessary to add a filler in the volume of 52 %.



REFERENCES

1. Patent 2545350 Ros. Federatsiya, MPK C 08 K 3/22, A 41 D 19/015. Zashischayuschiy ot radiatsii elastomerny material, mnogosloynnaya perchatka dlya zashchity ot ioniziruyushego izlucheniya i ikh primenenie [Radiation protective elastometric material, a multi-layer glove for ionizing radiation protection and their application] : № 2012107700/05: zayavl. 29.07.10: opubl. 27.03.15 / Larmigny Jean-Philippe, Mathieu Jean-Paul, Guérin Dominique, Dobrovolski Antoine ; zayavitel i patentoobladatel Areva, Piercan, 3 p.
2. Patent № 156351 Ros. Fe-deratsiya : MPK G 21 F 3/00. Ekran dlya zashchity ot radiatsionnogo izlucheniya [Radiation protection screen]: № 2015115999/07: zayavl. 27.04.15; opubl. 10.11.15 / Artamonova T. A., Savchenkova G. A., Savchenkov V. P. ; zayavitel i patentoobladatel OOO «Zavod germetiziruyuschikh materialov», 4 p.
3. Patent 2111559 Ros. Federatsiya : MPK G 21 F 1/00. Material, zashischayuschiy ot pronikayushego izlucheniya [Penetrating radiation protection material] : № 97109830/25 ; zayavl. 26.06.97 ; opubl. 20.05.98 / Goncharov S. I., Fedotov V. A.; zayavitel i paten-toobladatel Goncharov S. I., Fedotov V. A., 5 p.
4. Koshelev F. F., Kornev A. E., Bukanov A. M. Obschaya tekhnologiya reziny [General rubber technology] // Izd. 4-e, pererab. i dop. – Moscow: Khimiya. – 1978, 528 p.
5. Özdemir T., Güngör A., Reyhancan I. A. Flexible neutron shielding composite material of EPDM rubber with boron trioxide: Mechanical, thermal investigations and neutron Shielding tests / Radiation Physics and Chemistry. – Vol. 131, 2017. P. 7–12.
6. GOST 21981-76 Germetiki. Metod opredeleniya prochnosti svyazi s metallom pri otslaivanii [Sealants. Determination method of bond strength with metal at peeling]: ofitsialnoe izdanie : utverzhdyon i vvedyon v deystvie postanovleniem Gosudarstvennogo comiteta standartov Soveta Ministrov SSSR ot 29 iyunya 1976 g. № 1618. – Moscow: Izd-vo standartov, 1991, 6 p.

© В. Д. Черкасов, Ю. В. Юркин, В. В. Авдонин, В. О. Пильщиков, 2020

Получено: 30.12.2019 г.

УДК 628.477

В. П. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительных материалов и технологий

АВТОКЛАВНОЕ ВЯЖУЩЕЕ ИЗ ШЛАМА ХИМВОДОПОДГОТОВКИ ТЭЦ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-90;
факс: (831) 430-54-93; эл. почта: sert@nngasu.ru

Ключевые слова: шлам, вяжущее, автоклавная обработка, нейтрализация.

Шлам, образующийся при подготовке (умягчении воды) на ТЭЦ, образуется в объемах, представляющих интерес для промышленной переработки. В настоящее время он направляется в шламонакопители в виде водной суспензии. Предложено нейтрализовать шлам кислотными отходами переработки аккумуляторов с последующей автоклавной обработкой гипсосодержащего продукта нейтрализации. Полученное гипсовое вяжущее соответствует нормативным требованиям.

Решается вопрос полезного использования двух видов отходов, снижается экологическая нагрузка на районы их образования.



Подготовка воды на электростанциях с паротурбинными установками является ответственной задачей, так как от качества ее в значительной мере зависит надежность и экономичность эксплуатации оборудования. Чтобы исключить отложения в котлоагрегатах высокого и сверхвысокого давления и в турбинах на ТЭЦ, поступающая в котлоагрегаты вода подвергается предварительной очистке, а затем глубокому обессоливанию на ионитовых фильтрах [1, 2]. На первой предварительной стадии очистки воды образуется остаток, содержащий твердые частицы (шлам химводоподготовки).

Процессы обработки воды на предочистке включают в себя осветление воды и частичное ее умягчение, а также снижение рН.

Осветление происходит при удалении из воды грубодисперсных и коллоидных примесей. Осветление осуществляется методом коагуляции. Для снижения рН воды и частичного ее умягчения применяется известкование.

Образующиеся в процессе известкования воды карбонат кальция (CaCO_3) и гидроксид магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$ выпадают в виде осадка (шлама), происходит снижение рН воды.

При известковании и коагуляции кроме указанных процессов происходит частичное удаление поликремневых кислот, концентрация которых снижается на 30–40 %.

Таким образом, с предочистки (механические фильтры и осветлители) сбрасываются нетоксичные осадки – карбонат кальция, гидроксиды железа и магния, поликремневые кислоты, органические вещества, глинистые частицы [2].

Образующийся шлам, хранящийся в отвале, создает проблемы экологического и экономического характера [3]. В сутки на ТЭЦ образуется до 15 т шлама.

Учитывая, что на долю тепловых электростанций в бывшем СССР приходилось около 77 % вырабатываемой электроэнергии, масштабы образующихся отходов являются достаточными для промышленной их переработки [1, 2].

В заводской практике химводоочистки не придается значение качеству извести и часто используется строительная известь, в которой содержание MgO колеблется в пределах от 7 до 40 % [4].

Характеристика шлама

При проведении исследований были использованы шламы химводоподготовки Новогорьковской и Автозаводской ТЭЦ. Химический состав шламов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав шлама химводоочистки ТЭЦ, %

| Наименование ТЭЦ | п.п.п. | Водорастворимая часть | SiO_2 | R_2O_3 | Fe_2O_3 | CaO | MgO | SO_3 |
|------------------|--------|-----------------------|----------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Новогорьковская | 49,8 | 5,38 | 3,32 | 4,1 | 4,0 | 32,0 | 1,0 | 0,4 |
| Автозаводская | 41 | 4,18 | 1,79 | 5,5 | 4,04 | 39,2 | 3,4 | 0,89 |

Результаты дифференциального термического анализа (ДТА) шламов, хранящихся различное время в хранилищах, приведены на рис. 1 и 2; пробы отобраны в различных местах на разной глубине.

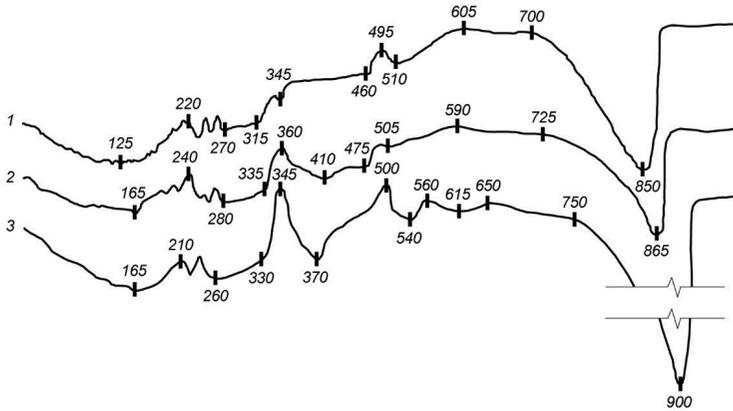


Рис. 1. ДТА шлама химводоподготовки НГТЭЦ: 1 – отработанная карта (средний слой, глубина 1 м); 2 – действующая карта; 3 – отработанная карта (с поверхности)

Результаты ДТА шламов из хранилищ Новогорьковской и Автозаводской ТЭЦ приведены соответственно на рис. 1 и 2. ДТА проб различаются, что обусловлено технологией отчистки, типом и концентрацией химических реагентов, составом применяемой воды.

По данным химического, ДТА и рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) шламы содержат:

- карбонат кальция (кальцит) – эндотермический эффект при температуре 850–900 °С. Содержание кальцита изменяется в пределах от 65 до 75 % массы сухого шлама;

- сульфат кальция (гипс) – эндотермические эффекты при температуре 125–165 °С. Смещение эндотермических эффектов в область более низких температур может быть обусловлено примесями [5, 6]. Содержание гипса превышает 5 % массы сухого отхода;

- гидроксид кальция (портландит) – эндотермический эффект при температуре 490 и 505 °С подтверждает РФА, на рентгенограммах присутствует гипс – дифракционные отражения 7,50; 4,29; 3,78; 304 Å.

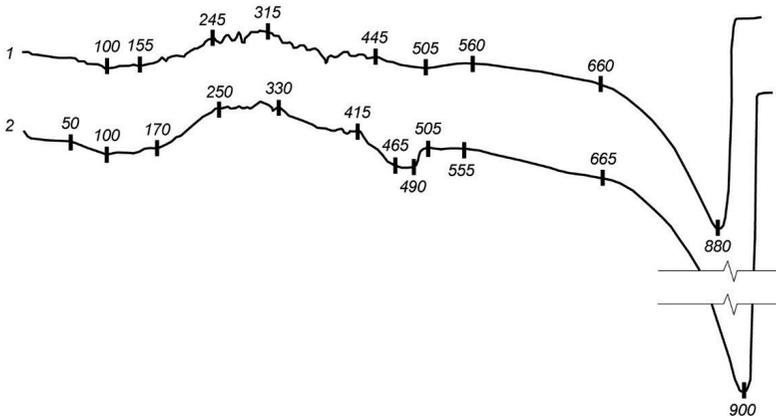


Рис. 2. ДТА шлама химводоподготовки Автозаводской ТЭЦ: 1 – действующая карта; 2 – отобранная карта



В табл. 2 приведена характеристика шлама химводоподготовки.

Высушенный шлак представляет собой тонкодисперсный порошок желтого цвета с удельной поверхностью 550–650 м²/кг (метод воздухопроницаемости).

Таблица 2

Характеристика шлама химводоподготовки

| Наименование ТЭЦ | Истинная плотность, г/см ³ | Насыпная плотность, кг/м ³ | Удельная поверхность, м ² /кг | рН жидкой фазы |
|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|----------------|
| Новогорьковская | 2,56 | 576 | 650 | 9,6 |
| Автозаводская | 2,45 | 560 | 650 | 8,3 |

Гранулометрический состав шлама, определенный седиментационным методом, приведен на рис. 3.

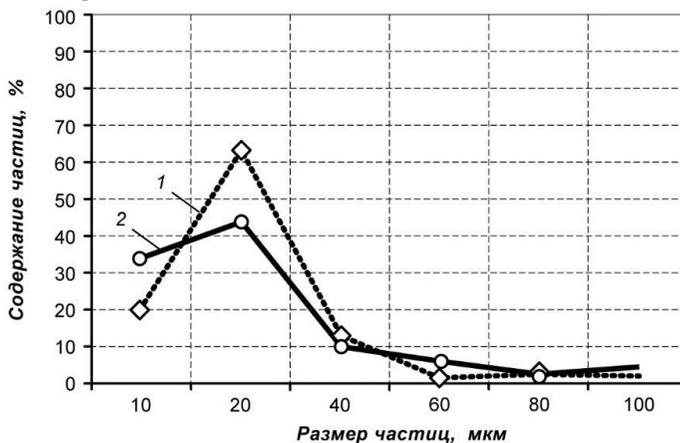


Рис. 3. Гранулометрический состав шлама химводоподготовки ТЭЦ: 1 – Новогорьковская; 2 – Автозаводская

Размеры частиц изменяются в достаточно широких пределах: от 0,1 до 100 мкм. Высокая дисперсность шлама обуславливает низкую фильтрующую способность.

При хранении на открытом воздухе шламы сохраняют воду в течение месяца и более.

Анализ литературы показал, что использование шламов химводоподготовки ТЭЦ ограничивается применением их в смесях строительного назначения. Меньшее внимание уделено активизации данных продуктов и получения на их основе систем, самостоятельно обладающих вяжущими свойствами [4, 7].

Одним из перспективных вариантов переработки шламов химводоподготовки является их использование в производстве строительных материалов и изделий.

При оценке целесообразности использования отходов в производстве строительных материалов и строительстве в расчетах эффективности необходимо учитывать расходы на удаление и складирование отходов в отвалах: расходы электроэнергии и воды в системе шламоудаления, расходы на текущий ремонт, капитальные вложения на строительство новых и расширение существующих шламохранилищ, а также фактор ликвидации ущерба, наносимого окружающей среде [2, 3].

Проведенные исследования шламов химводоподготовки показали, что по химическому и фазовому составу они могут существенно различаться. Состав



шламов изменяется при длительном хранении в накопителях ТЭЦ. В то же время содержание основного компонента – CaCO_3 в накопителях после длительного хранения остается достаточно стабильным и достигает 75 % массы сухого отхода. Кроме того, шламы содержат до 5 % гипса.

В связи с этим предложена технология переработки шламов химводоподготовки, включающая превращение карбоната кальция в гипс. С этой целью в шлам добавляется серная кислота; для ускорения химической реакции производится механохимическая активация на бегунах. По окончании реакции активированный шлам используется для производства гипсового вяжущего путем гидротермальной обработки в автоклаве (α -полугидрат).

При обработке шлама серной кислотой образуется малорастворимый двухводный сульфат кальция.

Результаты определения рН жидкой фазы при разных расходах серной кислоты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение рН жидкой фазы при нейтрализации шлама серной кислотой

| Продолжительность, ч | Расход серной кислоты, % от расчетного | | | | | |
|----------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 |
| | рН жидкой фазы | | | | | |
| 1 | 6,7 | 6,4 | 6,1 | 5,5 | 1,6 | 1,2 |
| 3 | 7,2 | 6,8 | 6,4 | 6,1 | 1,8 | 1,2 |
| 5 | 7,3 | 7,0 | 6,7 | 6,4 | 1,9 | 1,2 |
| 24 | 7,8 | 7,7 | 7,0 | 6,7 | 2,0 | 1,3 |
| 48 | 8,0 | 7,8 | 7,3 | 6,9 | 2,0 | 1,3 |
| 72 | 8,0 | 7,8 | 7,3 | 7,0 | 2,1 | 1,3 |

Из табл. 3 следует, что для полного превращения CaCO_3 в сульфат необходимо вводить серную кислоту в количестве 75–100 % от расчетного, а также, что взаимодействие серной кислоты с карбонатом кальция протекает сравнительно медленно. С целью ускорения процессов превращения проведена механическая обработка шлама на бегунах (механохимическая активация). Результаты исследований приведены в табл. 4.

Из табл. 4 следует, что продолжительность обработки до достижения полного превращения сокращается с 5–72 ч до 30–45 мин. Это позволяет предусмотреть относительно небольшие емкости для хранения отработанного шлама перед автоклавной обработкой с учетом требований норм технологического проектирования (запас на 3–4 ч).

Установлена возможность применения отработанной аккумуляторной серной кислоты [8].

Оптимальный режим гидротермальной обработки шлама химводоподготовки после механохимической обработки определен в лабораторном автоклаве, оборудованном оптическим микроскопом [9]. Исследования показали, что автоклавной обработкой шламов можно получать гипсовые вяжущие марок Г4–Г10, соответствующие требованиям ГОСТ 125.

Таблица 4

Изменение pH жидкой фазы в процессе механохимической активации шлама на бегунах

| Продолжительность обработки, мин | Расход серной кислоты, % от расчетного | | | | | |
|----------------------------------|--|------|-----|-----|------|------|
| | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 |
| | pH жидкой фазы | | | | | |
| 15 | 6,8 | 6,6 | 6,5 | 6,5 | 1,5 | 1,31 |
| 30 | 7,0 | 6,69 | 6,8 | 6,9 | 1,64 | 1,33 |
| 45 | 7,3 | 7,2 | 6,9 | 7,0 | 1,8 | 1,4 |
| 60 | 7,8 | 7,5 | 7,2 | 7,1 | 2,0 | 1,4 |
| 90 | 8,0 | 7,9 | 7,5 | 7,0 | 2,05 | 1,4 |
| 120 | 8,0 | 8,0 | 7,6 | 7,0 | 2,1 | 1,4 |

Расход серной кислоты должен находиться в пределах от 75 до 100 % расчетного расхода. Повышение расхода кислоты приводит к образованию нерастворимого ангидрита и, как следствие, понижению марки вяжущего.

На основании исследований, проведенных в лабораторных условиях, предложена технологическая схема производства вяжущего из шлама химводоподготовки ТЭЦ (рис. 4).

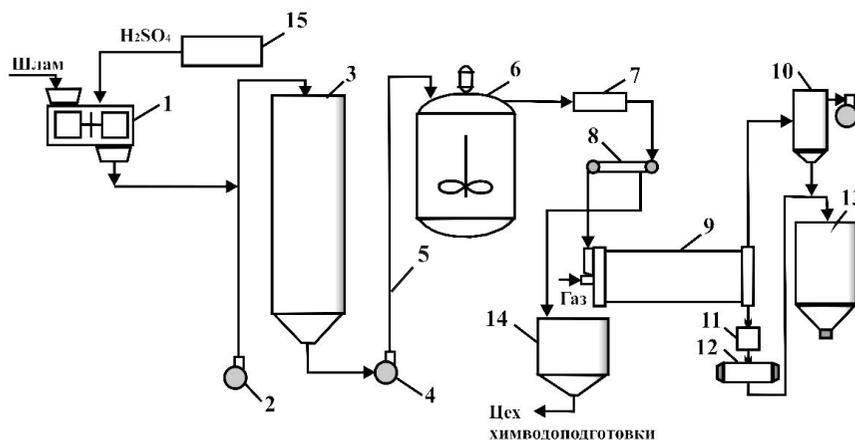


Рис. 4. Технологическая схема получения гипсового вяжущего из шлама химводоподготовки ТЭЦ: 1 – бегуны; 2 – насос; 3 – накопительная емкость; 4 – насос; 5 – трубопровод; 6 – автоклав; 7 – теплообменник; 8 – ленточный вакуумфильтр; 9 – сушильный барабан; 10 – рукавный фильтр; 11 – бункер; 12 – шаровая мельница; 13 – склад вяжущего; 14 – отстойник; 15 – емкость для контроля и регулирования концентрации серной кислоты

Активированный шлам после окончания процессов превращения поступает в накопительную емкость, обеспечивающую непрерывную работу автоклава. Здесь же производится контроль состава по показателю pH жидкой фазы. Из емкости центробежным насосом шлам подается в автоклав.

Из автоклава шлам через холодильник типа «труба в трубе», где его температура снижается до 100 °С, поступает на ленточный вакуум-фильтр для отделения жидкой фазы. Избыточная вода вместе с растворенными примесями поступает в



нейтрализатор-отстойник. Из него осветленная вода подается в цех химводоподготовки, а осадок – на производство вяжущего.

Обезвоженный шлам с влажностью 8–14 % подается в сушильный барабан, где высушивается до полного удаления гигроскопической воды. Отходящие тепловые газы обеспыливаются в фильтре. Твердые частицы, осаждаемые в фильтре, транспортируются на склад вяжущего.

На разработанную технологию получен патент № 2200714 от 20.03.2003 г.

Вывод. Технико-экономический расчет показал, что производство может быть рентабельным из-за отсутствия затрат на сырье и сокращения расходов на эксплуатацию накопителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новопашин, А. А. О качестве извести для нейтрализации кислых промышленных сточных вод / А. А. Новопашин, С. Ф. Коренькова, Л. Н. Безгина. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 1981. – № 5. – С. 8–9.
2. Покровский, В. Н. Очистка сточных вод тепловых электростанций / В. Н. Покровский, Е. П. Аракчеев. – Москва : Энергия, 1980. – 256 с. – Текст : непосредственный.
3. Беляев, Е. Н. Современные гигиенические проблемы утилизации промышленных отходов и пути их решения / Е. Н. Беляев, С. И. Логунов. – Текст : непосредственный // Гигиена и санитария. – 2000. – № 3. – С. 3–8.
4. Водин, В. Г. Повторное использование промышленных вод фильтров водоочистных станций и обезвоживание образующихся осадков : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. Г. Водин ; Горьковский инженерно-строительный институт им. В. П. Чкалова. – Горький, 1969. – 199 с. – Текст : непосредственный.
5. Логвиненко, А. Т. Изменение фазового состава продуктов термической обработки гипса в присутствии кальцита и доломита / А. Т. Логвиненко, М. А. Савинкина, А. А. Головин. – Текст : непосредственный // Известия АН СССР. Серия «Химических наук». – 1966. – Том 7, выпуск 2. – С. 137–141.
6. Мирсаев, Р. Н. Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий / Р. Н. Мирсаев, В. В. Бабков, И. В. Недосеко [и др.]. – Москва : Химия, 2004. – 176 с. – Текст : непосредственный.
7. Арбузова, Т. Б. Использование местных материалов для повышения качества строительных растворов / Т. Б. Арбузова, Ф. Коренькова, Г. Н. Бруснецов. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 1988. – № 4. – С. 20–21.
8. Васин, С. Г. Аккумуляторы: организация сбора / С. Г. Васин, Я. Д. Вишняков. – Текст : непосредственный // Экология и промышленность России. – 2005. – № 5. – С. 39–41.
9. Сучков, В. П. Способ получения высокопрочного гипса / В. П. Сучков, В. И. Макаров, А. И. Панин. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 1974. – № 4. – С. 29–30.

SUCHKOV Vladimir Pavlovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of construction materials and technology

AUTOCLAVE BINDER OF SLUDGE OF CHPP CHEMICAL WATER TREATMENT

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Pjinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-90;
fax: +7 (831) 430-54-93; e-mail: sert@nngasu.ru

Key words: sludge, astringent, autoclave treatment, neutralization.



Sludge formed during preparation (softening) of water at a thermal power plant is formed in volumes that are of interest for industrial processing. Currently, it is sent to the sludge accumulators in the form of an aqueous suspension. It is proposed to neutralize the sludge with acid waste of battery processing followed by autoclave treatment of the gypsum-containing neutralization product. The resulting gypsum binder meets the regulatory requirements.

The issue of useful use of two types of waste is solved, the environmental burden on the areas of their formation is reduced.

REFERENCES

1. Novopashin A. A., Korenkova S. F., Bezhina L. N. O kachestve izvesti dlya neytralizatsii kislykh promyshlennykh stochnykh vod [On the quality of lime for neutralizing acidic industrial wastewater] / Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water Supply and Sanitary Technique]. 1981. № 5. P. 8–9.
2. Pokrovsky V. N., Arakcheev E. P. Ochistka stochnykh vod teplovykh elektrostantsiy [Treatment of waste water of thermal power plants]. Moscow: Energiya, 1980, 256 p.
3. Belyaev E. N., Logunov S.I. Sovremennye gigenicheskie problemy utilizatsii promyshlennykh otkhodov i puti ikh resheniya [Modern hygienic problems of industrial waste utilization and ways of their solution]. Gigiena i sanitariya [Hygiene and sanitation]. 2000. № 3. P. 3–8.
4. Vodin V. G. Povtornoe ispolzovanie promyshlennykh vod filtrov vodoочистnykh stantsiy i obezvozhivanie obrazuyuschikhsya osadkov [Reuse of industrial water from water treatment plants and dewatering of formed precipitation]: dis. ... kand. tekhn. nauk. Gorkovskiy inzhenerno-stroitelnyy institut im. V. P. Chkalova. – Gorky, 1969, 199 p.
5. Logvinenko A. T., Savinkina M. A., Golovin A. A. Izmenenie fazovogo sostava produktov termicheskoy obrabotki gipsa v prisutstvii kaltsita i dolomita [Change in the phase composition of gypsum heat treatment products in the presence of calcite and dolomite] // Izv. AN SSSR. Seriya Khimicheskikh nauk [USSR Academy of Sciences Bulletin. Series of Chemical Sciences]. 1966. Vol. 7, issue 2. P. 137–141.
6. Mirsaev R. N., Babkov V. V., Nedoseko I. V., et al. Fosfogipsovye otkhody khimicheskoy promyshlennosti v proizvodstve stenovykh izdeliy [Phosphogypsum waste of the chemical industry in production of wall products]. Moscow: Khimiya, 2004, 176 p.
7. Arbuzova T. B., Korenkova F., Brusnetsov G.N. Ispolzovanie mestnykh materialov dlya povysheniya kachestva stroitelnykh rastvorov [Use of local materials to improve quality of building solutions]. Stroitelnye materialy [Building materials]. 1988. № 4. P. 20–21.
8. Vasin S. G., Vishnyakov Ya. D. Akkumulyatory: organizatsiya sbora [Accumulators: organization of collection] / Ekologiya i promyshlennost Rossii [Ecology and Industry of Russia]. 2005. № 5. P. 39–41.
9. Suchkov V. P., Makarov V. I., Panin A. I. Sposob polucheniya vysokoprochnogo gipsa [Method for obtaining high-strength gypsum] // Stroitelnye materialy [Building materials]. 1974. № 4. P. 29–30.

© В. П. Сучков, 2020

Получено: 17.01.2020 г.



УДК 666.942

В. П. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительных материалов и технологий

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ФОСФОПОЛУГИДРАТА НА СВОЙСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-90;
факс: (831) 430-54-93; эл. почта: sert@nngasu.ru

Ключевые слова: портландцемент, гранулометрический фосфополугидрат (ФПГ), размываемость, слеживаемость, ложное схватывание.

Приведены результаты исследований по использованию гранулометрического фосфополугидрата при помоле клинкера вместо природного гипса.

При хранении вяжущего не отмечено его слеживание, а сроки схватывания имеют нормированное значение.

Установлена возможность использования гранулированного фосфополугидрата ВАЗ вместо природного гипсового камня при производстве портландцемента.

При производстве портландцемента фосфополугидрат рекомендуется использовать в качестве минерализатора с целью интенсификации процессов обжига сырья и как добавку при помоле клинкера портландцемента взамен природного гипсового камня с целью регулирования скорости процессов схватывания.

При введении в сырьевую смесь до 3 % фосфогипса (в пересчете на сухое вещество) повышается коэффициент насыщения смеси, улучшаются условия эксплуатации футеровки вращающихся печей. Одновременно отмечено, что растет производительность печей, а удельный расход топлива снижается на 1–3 % [1, 2, 3].

Портландцемент, полученный совместным помолом клинкера и гранулированного фосфополугидрата, по активности незначительно отличается от портландцемента, содержащего природный гипс. Вместе с тем отмечается, что использование попутного продукта приводит к замедлению процессов схватывания цементного теста [4, 5, 6, 7].

Известно, что образование полугидрата при помоле клинкера и гипса может привести к ускоренному (ложному) схватыванию цементного теста и бетонных смесей. Ложное схватывание цементного теста отмечено нами при введении фосфополугидрата. При производстве гранул из фосфополугидрата предусмотрен переход полуводного гипса в дигидрат. Превращение полугидрата в двухводный гипс начинается в процессе механохимической активации и заканчивается при хранении гранул на складе. При этом следует предусмотреть возможность неполной гидратации полуводного гипса перед использованием гранулированного попутного продукта. Это позволит при использовании гранул, содержащих полуводный гипс, сократить транспортные расходы за счет повышенного содержания сернокислого кальция в добавке. В связи с этим исследовано влияние гранулированного фосфополугидрата ВАЗ на свойства портландцемента.

Для проведения исследований гранулы получены методом пластического формования на лабораторном ленточном прессе. Перед формованием смесь, состоящая из сухого фосфополугидрата, добавки и воды обработана на бегунах в течение 5 мин. Влажность смеси принята равной 20 %. В качестве добавки-ак-



тиватора использована пыль электрофильтров вращающихся цементных печей в количестве 3 % массы сухого ФПГ.

Сразу после обработки на бегунах проведено гранулирование активированной смеси на ленточном прессе. Полученные гранулы хранились над водой при температуре 20 °С. Через определенные промежутки времени отобраны 5 проб гранул. Содержание химически связанной воды в отобранных пробах попутного продукта составило: 10,0; 12,2; 14,0; 16,1; 19,5 % массы сухой смеси. В дальнейшем гранулы использованы при помоле клинкера портландцемента. Проба портландцемента была также получена совместным помолом клинкера цементного завода и фосфополугидрата ВА3, высушенного сразу после отбора проб с фильтра карусельного цеха экстракции. Содержание химически связанной воды в пробе составило 6,8 %. При изготовлении портландцемента использован клинкер Волховского цементного завода. Помол клинкера и добавки-регулятора произведен до удельной поверхности 0,30–0,32 м²/г, характерной для портландцемента ВА3. Определение ложного схватывания выполнено по методике, разработанной АО «ГИПРОЦЕМЕНТ» [3, 4]. Расход гранул при помоле был принят равным 5 % массы клинкера, в соответствии с расходом гипсового камня, принятым на Волховском цементном заводе.

Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние фазового состава попутного продукта на ложное схватывание портландцемента

| | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Содержание химически связанной воды, % | 6,8 | 10,0 | 12,2 | 14,0 | 16,1 | 19,5 |
| Ложное схватывание | есть | есть | есть | нет | нет | нет |

Из табл. 1 следует, что при наличии в гранулах до 30 % полуводного гипса ложное схватывание портландцемента не наблюдается, т. е. при производстве гранул полное превращение полуводного сульфата кальция в дигидрат не является обязательным.

Портландцементы приготовлены помолом клинкера Волховского цементного завода и гранулированного фосфополугидрата. Гранулы получены методом пластического формования на ленточном прессе. В качестве добавок-активаторов при грануляции использованы пыль электрофильтров, пыль пылевой камеры вращающихся печей и зола-унос. Расход добавок-активаторов принят в соответствии с результатами исследований, приведенными ранее, и для различных активаторов составил 3–8 % массы сухого фосфополугидрата. Содержание химически связанной воды в гранулированном попутном продукте перед помолом составило 14–16 % в зависимости от состава смеси. С целью определения содержания добавки на свойства портландцемента при помоле клинкера расход гранулированного фосфополугидрата был принят равным 3,5 и 7,0 % массы клинкера.

В табл. 2 приведены результаты определения нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста. Для сравнения были приготовлены портландцементы с введением гипса Новомосковского месторождения в количестве 3; 5 и 7,0 % массы клинкера.



Таблица 2

Нормальная густота и сроки схватывания портландцементов, содержащих фосфополугидрат и природный гипс

| Тип добавки | Расход гранул при помоле, % | Нормальная густота теста, % | Сроки схватывания, ч-мин | |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------|
| | | | начало | конец |
| Пыль пылевой камеры | 3 | 23,8 | 3-00 | 8-30 |
| | 5 | 23,0 | 3-10 | 9-00 |
| | 7 | 19,5 | 3-30 | 9-30 |
| Пыль электрофильтров | 3 | 24,5 | 2-30 | 5-00 |
| | 5 | 24,0 | 2-35 | 5-20 |
| | 7 | 20,0 | 2-50 | 7-20 |
| Зола-унос | 3 | 21,5 | 3-00 | 9-30 |
| | 5 | 20,5 | 3-15 | 10-05 |
| | 7 | 20,2 | 3-05 | 10-40 |
| Гипс Новомосковского месторождения | 3 | 26,2 | 2-45 | 8-30 |
| | 5 | 25,0 | 4-00 | 5-10 |
| | 7 | 24,2 | 5-10 | 7-20 |

Из табл. 2 следует, что портландцементы, содержащие фосфополугидрат, по срокам схватывания незначительно отличаются от портландцементов, содержащих природный гипс. При этом отмечено, что пыль электрофильтров несколько сокращает время начала и конца схватывания цементного теста. Пыль пылевой камеры вращающихся печей и зола-унос увеличивают время конца схватывания по сравнению с аналогичным показателем портландцемента, содержащего природный гипс. Сроки схватывания испытанных цементов находятся в пределах требований ГОСТ 310.

Использование гранулированного фосфополугидрата при помоле клинкера позволяет снизить водопотребность портландцемента по сравнению с вяжущим, содержащим природный гипс.

Испытания стандартных образцов проведены через 1, 3, 7 и 28 сут хранения в нормальных условиях. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость прочности стандартных образцов от типа добавки и расхода гранул при помоле

| Тип добавки | Расход гранул, % | Предел прочности при изгибе, МПа, в возрасте, сут | | | | Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут | | | |
|------------------------------------|------------------|---|-----|-----|------|---|------|------|------|
| | | 1 | 3 | 7 | 28 | 1 | 3 | 7 | 28 |
| Пыль пылевой камеры | 3 | 1,2 | 4,9 | 5,9 | 6,6 | 17,5 | 27,0 | 27,0 | 34,0 |
| | 5 | 0,4 | 5,8 | 7,0 | 7,6 | 0,6 | 23,5 | 36,0 | 45,0 |
| | 7 | 0,3 | 1,1 | 4,8 | 7,3 | 0,3 | 14,0 | 30,0 | 40,0 |
| Пыль электрофильтров | 3 | 1,6 | 5,4 | 6,1 | 6,9 | 5,1 | 26,5 | 34,1 | 37,3 |
| | 5 | 1,3 | 6,3 | 7,6 | 8,3 | 1,1 | 36,5 | 43,5 | 49,0 |
| | 7 | 0,9 | 3,0 | 5,9 | 8,0 | 1,0 | 29,8 | 39,5 | 42,5 |
| Зола-унос | 3 | – | 4,3 | 6,0 | 6,0 | – | 19,5 | 31,5 | 39,0 |
| | 5 | – | 5,6 | 7,0 | 7,35 | – | 24,2 | 32,5 | 43,0 |
| | 7 | – | 3,9 | 6,0 | 6,15 | – | 16,1 | 30,5 | 40,0 |
| Гипс Новомосковского месторождения | 3 | 1,5 | 4,0 | 5,4 | 6,0 | 4,1 | 16,2 | 24,5 | 27,5 |
| | 5 | 2,8 | 6,5 | 8,1 | 7,9 | 10,4 | 33,0 | 38,0 | 38,8 |
| | 7 | 1,8 | 5,6 | 7,2 | 7,5 | 6,2 | 25,0 | 34,4 | 38,0 |



Из табл. 3 следует, что замена природного гипсового камня гранулированным фосфополугидратом приводит к замедлению процессов твердения портландцемента в первые трое суток хранения стандартных образцов в воде. Минимальную скорость твердения в ранние сроки имеет портландцемент, содержащий фосфополугидрат, гранулированный с золой-уносом.

Через 1 сут хранения над водой образцы-балочки разрушались при извлечении из формы. Через 28 сут хранения в воде предел прочности при сжатии образцов на основе портландцементов, содержащих фосфополугидрат, превышает прочность при сжатии образцов на основе портландцементов, полученных помолом клинкера с новомосковским гипсом, на 2,0–6,5 МПа. Из табл. 3.16 следует, что оптимальный расход гранулированного фосфополугидрата при помоле, соответствующий максимальной прочности искусственного камня, составляет 5 % массы клинкера.

Исследовано влияние гранулированного фосфополугидрата на активность портландцемента при твердении стандартных образцов-балочек в воде в течение 2 лет. С этой целью портландцемент приготовлен совместным помолом клинкера и гранулированного попутного продукта. Расход гранул и гипсового камня при помоле составил 5 % массы клинкера. Удельная поверхность портландцемента принята равной 0,32 м²/г (метод воздухопроницаемости). В качестве добавки-активатора при гранулировании фосфополугидрата использована пыль электрофильтров вращающихся печей ВА3 в количестве 3 % массы попутного продукта.

Через 2 года хранения активность портландцемента, содержащего попутный продукт, приблизительно на 7 МПа выше активности цемента, полученного помолом клинкера с природным гипсовым камнем [8].

Исследовано также влияние типа гипсосодержащего компонента на пластическую прочность цементного теста. Пластическая прочность определена на коническом пластометре МГУ. Цементное тесто нормальной густоты сразу после приготовления имеет пластическую прочность 0,01–0,02 МПа; в момент наступления начала схватывания – приблизительно 0,15 МПа; в момент наступления конца схватывания – 0,50 МПа [9].

Установлено, что портландцемент, содержащий фосфополугидрат и пыль электрофильтров, отличается максимальной скоростью процессов коагуляционно-структурообразования, что подтверждается данными определения сроков схватывания цементного теста, представленными в табл. 2.

В настоящее время значительная часть строительных конструкций изготавливается в заводских условиях. С целью интенсификации процессов твердения портландцемента применяют различные способы тепловлажностной обработки изделий. С целью определения влияния пропаривания на активность исследуемых портландцементов нами проведена термовлажностная обработка стандартных образцов-балочек по режиму:

- подъем температуры, ч 2;
- изотермическая выдержка, ч 6;
- охлаждение, ч 2.

Температура изотермической выдержки принята равной 85 °С. Режим обработки принят в соответствии с параметрами, характерными для ПО «Баррикада», использующего волховский портландцемент.

Установлено, что замена новомосковского гипсового камня гранулированным фосфополугидратом ВА3 практически не изменяет прочность образцов после пропаривания. Оптимальный расход гранул соответствует 5 % массы клинкера.



Размалываемость клинкера определена в лабораторной двухкамерной шаровой мельнице. Расход добавки при помоле принят равным 5 % массы клинкера. Гранулированный ФПГ получен при введении пыли электрофильтров (3 % массы). Одновременно проведен помол клинкера с новомосковским гипсовым камнем. При помоле были отобраны пробы портландцемента и определена величина удельной поверхности методом воздухопроницаемости. Результаты определений представлены в табл. 4.

Таблица 4

Размалываемость клинкера портландцемента ВЗ при помоле с гранулированным фосфополугидратом и гипсовым камнем

| Продолжительность помола, мин | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Удельная поверхность, см ² /г (метод воздухопроницаемости) | $\frac{1200}{1100}$ | $\frac{1900}{1800}$ | $\frac{2600}{2500}$ | $\frac{3000}{2700}$ | $\frac{3200}{3000}$ |

Из табл. 4 следует, что удельная поверхность 0,30–0,32 м²/г при помоле клинкера с гранулированным фосфополугидратом достигается через 35–40 мин помола. Для получения цемента с такой же удельной поверхностью при помоле клинкера с добавкой природного гипса необходимо 45–50 мин. Это может быть связано с лучшей размалываемостью и более тонким измельчением гранулированного фосфополугидрата по сравнению с новомосковским гипсовым камнем.

Параллельно и одновременно с исследованиями проведены испытания цементов с гранулированным фосфополугидратом на Волховском алюминиевом заводе. С этой целью автором приготовлен гранулированный фосфополугидрат методом пластического формования и представлен для испытаний в лабораторию Волховского цементного завода. Гранулы получены из формовочной массы приведенного ниже состава, % по массе:

- фосфополугидрат 87;
- пыль электрофильтров вращающихся печей 3;
- нефелиновый шлам 10.

Соотношение компонентов формовочной смеси взято с таким расчетом, чтобы содержание сульфата кальция в гранулах (в пересчете на SO₃) соответствовало его количеству в природном гипсовом камне Новомосковского месторождения.

Из материалов акта испытаний следует, что портландцементы, полученные помолем клинкера с гранулированным фосфополугидратом, имеют более высокую нормальную густоту теста (на 0,24–0,25 %) по сравнению с портландцементом, содержащим природный гипс. Это объясняется более высокой дисперсностью портландцементов, содержащих попутный продукт (см. табл. 4 акта испытаний). Превышение величины удельной поверхности составляет 0,02–0,03 м²/г (метод воздухопроницаемости). Принимая во внимание, что продолжительность помола всех проб в условиях лаборатории была одинаковой, наблюдаем лучшую размалываемость клинкера с гранулированием фосфополугидратом. Об этом свидетельствует более высокая величина удельной поверхности портландцемента всех пяти проб по сравнению с портландцементом, полученным помолем клинкера с природным гипсовым камнем.

С целью сравнения размалываемости гранул фосфополугидрата и природного гипсового камня Новомосковского месторождения приведен помол гранулирован-



ного фосфополугидрата и гипсового камня фракции 10–20 мм в шаровой мельнице. В качестве мелющих тел использовали цельпелбс. Соотношение добавки и мелющих тел принято равным 1:3.

Через определенные промежутки времени отбирали пробы и определяли величину удельной поверхности методом воздухопроницаемости. Результаты определений приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Размалываемость гранулированного фосфополугидрата
и гипсового камня**

| Тип добавки | Удельная поверхность, м ² /г, после помола, мин | | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Гранулированный фосфополугидрат | 0,1 | 0,45 | 0,62 | 0,72 | 0,79 | 0,89 |
| Гипсовый камень | 0,1 | 0,22 | 0,29 | 0,42 | 0,44 | 0,52 |

Из табл. 5 следует, что повышение удельной поверхности портландцементов, содержащих попутный продукт, объясняется более тонким измельчением гранулированного фосфополугидрата. В связи с этим нами рекомендуется производить помол клинкера с гранулированным фосфополугидратом до величины удельной поверхности на 0,02–0,04 м²/г выше, чем принято в настоящее время в заводских условиях. Общая продолжительность помола при этом не изменяется.

Портландцементы, полученные помолом клинкера с гранулированным фосфополугидратом в количестве 5 % массы клинкера, хранили в течение 6 месяцев в открытых полиэтиленовых мешках. Затем были проведены стандартные испытания портландцементов по ГОСТ 310.4. Результаты испытаний приведены в табл. 6.

Таблица 6

Влияние времени хранения на свойства портландцементов

| Тип добавки | Нормальная густота теста, % | Сроки схватывания, ч-мин | | Предел прочности, МПа | |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------|-----------------------|------------|
| | | начало | конец | при изгибе | при сжатии |
| Пыль пылевой камеры | 24,0 | 4–20 | 9–50 | 7,9 | 46,2 |
| Пыль электрофильтров | 24,5 | 3–10 | 8–30 | 8,4 | 49,8 |
| Зола-унос | 21,0 | 5–30 | 11–30 | 6,8 | 36,0 |
| Гипс Новомосковского месторождения | 28,0 | 4–40 | 6–20 | 7,2 | 37,3 |

Из табл. 6 следует, что при хранении в течение 6 мес. активность портландцементов, содержащих фосфополугидрат, не понижается по сравнению с портландцементом, содержащим новомосковский гипсовый камень.

Выводы:

1. Замена природного гипсового камня гранулированным фосфополугидратом не изменяет скорости процессов твердения в более поздние сроки (3 года и более).



2. Установлено, что при совместном помоле портландцементного клинкера и гранул фосфополуhydrата улучшается размалываемость (повышается величина удельной поверхности) по сравнению с природным гипсовым камнем за сопоставимое время помола, отсутствует ложное схватывание, а активность вяжущего повышается до 10 %.

Это свидетельствует о возможности использования гранулированного фосфополуhydrата ВАЗ вместо природного гипсового камня при производстве портландцемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аникеев, В. Д. Фосфогипс – эффективный минерализатор для обжига цемента / В. Д. Аникеев [и др.]. – Текст : непосредственный // Цемент. – 1964. – № 3. – С. 3–4.
2. Будников, П. П. Фосфогипс как сырье в производстве гидравлических вяжущих / П. П. Будников, К. В. Ростенко. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 1966. – № 2. – С. 14–15.
3. Волконский, Б. В. Цемент из фосфогипса / Б. В. Волконский. – Текст : непосредственный // Цемент. – 1970. – № 2. – С. 16.
4. Данюшевский, С. И. Использование нового вида фосфогипса в цементном производстве / С. И. Данюшевский, Г. Г. Дмитриева. – Текст : непосредственный // Цемент. – 1978. – № 3. – С. 14.
5. Запольский, С. В. Основные направления переработки и организации производства гранулированного фосфогипса / С. В. Запольский, П. В. Классен, С. Д. Эвенчик. – Москва : [б. и.], 1977. – 7 с. – Текст : непосредственный.
6. Классен, П. В. Гранулирование фосфогипса методами схватывания и прессования / П. В. Классен, С. В. Запольский, С. Л. Эвенчик. – Текст : непосредственный // Химическая промышленность. – 1976. – № 10. – С. 757–759.
7. Избавление от фосфогипса-II. Портландцемент и серная кислота. – Текст : непосредственный // Фосфор и калий. – 1977 – № 89. – С. 36–44.
8. Сучков, В. П. Фосфополуhydrат – сырье для производства портландцемента / В. П. Сучков, Ю. Г. Мещеряков. – Текст : непосредственный // Строительные материалы из попутных продуктов промышленности : межвузовский тематический сборник трудов. – Ленинград, 1980. – С. 67–69.
9. Сегалова, Е. Е. Современное физико-химическое представление о процессах твердения минеральных вяжущих веществ / Е. Е. Сегалова, П. А. Ребиндер. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 1960. – № 1. – С. 21–26.

SUCHKOV Vladimir Pavlovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of construction materials and technology

INFLUENCE OF GRANULATED PHOSPHORHEMIDRATE ON THE PROPERTIES OF PORTLAND CEMENT

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-90;
fax: +7 (831) 430-54-93; e-mail: sert@nngasu.ru

Key words: Portland cement, granulometric phosphorhemihydrate, grinding capacity, slumping, false set.



The article presents the results of research on the use of granulometric phosphohemihydrate in the grinding of clinker, instead of natural gypsum.

During binder's storing, its slumping is not noted, and the setting time has a normalized value.

A possibility was confirmed to use granulated phosphohemihydrate instead of natural gypsum in the Portland cement production.

REFERENCES

1. Anikeev V. D., et al. Fosfogips – effektivny mineralizator dlya obzhiga tsementa [Phosphogypsum – an effective mineralizer for cement firing] // Tsement [Cement]. 1964. № 3. P. 3–4.
2. Budnikov P. P., Rostenko K. V. Fosfogips kak syryo v proizvodstve gidravlicheskikh vyazhuschikh [Phosphogypsum as a raw material in the production of hydraulic binders] // Stroitelnyye materialy [Building Materials]. 1966. № 2. P. 14–15.
3. Volkonsky B. V. Tsement iz fosfogipsa [Cement of phosphogypsum] // Tsement [Cement]. 1970. № 2. P. 16.
4. Danyushevsky S. I., Dmitrieva G. G. Ispolzovanie novogo vida fosfogipsa v tsementnom proizvodstve [Use of a new type of phosphogypsum in cement production] // Tsement [Cement]. 1978. № 3. P. 14.
5. Zapolsky S. V., Klassen P. V., Evenchik S. D. Osnovnye napravleniya pererabotki i organizatsii proizvodstva granulirovannogo fosfogipsa [Main directions of processing and organization of production of granulated phosphogypsum]. Moscow : 1977, 7 p.
6. Klassen P. V. Zapolsky S. V., Evenchik S. D. Granulirovanie fosfogipsa metodami skhvatyvaniya i pressovaniya [Granulation of phosphogypsum by methods of setting and pressing] // Khimicheskaya promyshlennost [Chemistry industry]. 1976. № 10. P. 757–759.
7. Izbavlenie ot fosfogipsa-II. Portlandtsement i sernaya kislota [Getting rid of phosphogypsum-II. Portland cement and sulfuric acid] // Fosfor i kaliy [Phosphorus and potassium]. 1977. № 89. P. 36–44.
8. Suchkov V. P., Mescheryakov Yu. G. Fosfopolugidrat – syryo dlya proizvodstva portlandtsementa [Phosphohemihydrate – raw material for production of the Portland cement] // Stroitelnyye materialy iz poputnykh produktov promyshlennosti [Construction materials of associated products of industry]: mezhvuz. temat. sb. tr. Leningrad, 1980. P. 67–69.
9. Segalova E. E., Rebinder P. A. Sovremennoe fiziko-khimicheskoe predstavlenie o protsessakh tverdeniya mineralnykh vyazhuschikh veschestv [Modern physical and chemical representation of the processes of hardening of mineral binders] // Stroitelnyye materialy [Building materials]. 1960. № 1. P. 21–26.

© В. П. Сучков, 2020

Получено: 17.01.2020 г.



УДК 691.5:536.62

А. Г. КУТУЗОВ, инженер; **Е. В. СУЛЕЙМАНОВ**, д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой химии твердого тела химического факультета; **Н. А. КУТУЗОВ**, аспирант кафедры статистической радиофизики и бионики; **В. Е. БАРАБАНОВ**, аспирант кафедры статистической радиофизики и бионики

ОДНОКАМЕРНЫЙ ПОТОКОВЫЙ КАЛОРИМЕТР С ДВУМЯ КОНТУРАМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

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

Россия, 603950, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, д. 23. Тел.: (831) 462-35-35; эл. почта: suev@unn.ru

Ключевые слова: калориметр, термохимия, модули Пельтье, дифференциальные термопреобразователи.

Рассмотрен созданный в рамках работы калориметр с одной измерительной камерой и дифференциальными термоэлектрическими преобразователями. Область применения – строительство, контроль качества вяжущих. В качестве термопреобразователей использовался эффект Зеебека серийно выпускаемых модулей Пельтье. Благодаря использованию модулей Пельтье и отказу от сложных схем термостатирования данный калориметр достаточно прост в обслуживании и хорошо подходит для работы в заводских лабораториях. Полученный измерительный модуль обладает высокими метрологическими характеристиками и может быть применен в многомодульных калориметрических системах.

Введение

Свойства современных строительных смесей и бетонов определяются правильным применением вяжущих и различных химических и минеральных добавок.

Несмотря на появление новых аналитических приборов, калориметрический способ измерений не теряет своей актуальности, а в некоторых случаях незаменим.

В строительстве при укладке больших объемов бетона требуется точное определение тепловыделения бетонной смеси. Важной задачей в производстве строительных материалов является изучение эффективности влияния добавок, выявление ошибок при их использовании, определение качества вяжущего. Исследование кинетики гидратации вяжущего, особенно ранней гидратации, является важным инструментом в решении этих проблем. Одним из наиболее часто применяемых методов для исследования гидратации вяжущего является калориметрия.

Применение калориметрического метода в строительных лабораториях и производствах привело в итоге к созданию специальных стандартов [1] в некоторых странах. Исследуются возможности применения калориметрии в данной сфере как в России, так и за рубежом, организуются специальные конференции, посвященные данной тематике [2]. Совершенствуются и меняются конструктивные особенности калориметров. Стоит сказать, что с течением времени использование калориметрии приобретает все возрастающее значение, например, внедрение в строительную отрасль практики применения составов ускоренного твердения делает калориметрию незаменимым инструментом для анализа кинетики твердения на ранних сроках [3].

В лабораториях можно встретить разные типы используемых калориметров:

от самых простых калориметрических установок, изготовленных на производстве, до сложных, требующих квалифицированного обслуживания систем. В условиях производства решающее значение имеют эксплуатационные характеристики калориметров, такие как компактность, возможность быстрого ремонта, высокая степень готовности к измерениям, простота калибровки. При этом данные свойства должны отвечать по метрологическим характеристикам задачам лаборатории.

Ключевыми принципами, положенными в основу данной разработки, стали: применение дифференциальных схем измерения, отказ от сложных схем термостатирования, использование доступных средств для измерения (отказ от суперпрецизионных систем), использование модулей Пельтье в качестве чувствительных элементов термопреобразователей.

Конструкция калориметра

Конструкция калориметра представлена на рис. 1.

Реакционная камера (1) выполнена из алюминия квадратного сечения с глухим отверстием диаметром 20 мм. В это отверстие вставляется реакционный зонд, в котором и происходит реакция. Рабочая область камеры 20×70 мм. Снаружи на реакционную камеру с применением теплопроводящего клея закреплены модули Пельтье (2) на основе теллурида висмута в количестве 13 шт. Именно они являются термопреобразователями, регистрирующими тепловой поток реакционной камеры. В каждом из модулей содержится 127 переходов. Масса камеры (без учета массы модулей Пельтье) – 431 г.

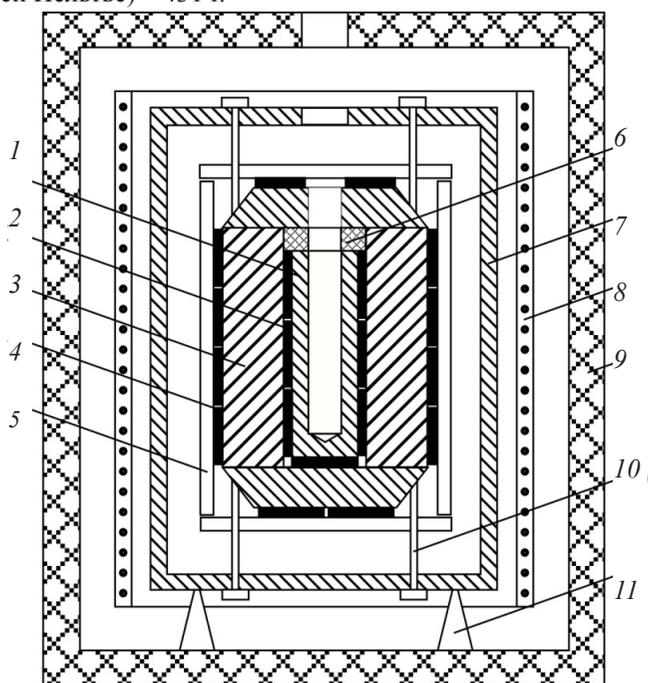


Рис. 1. Конструкция калориметра: 1 – измерительная камера; 2 – термопреобразователь измерительной камеры (модули Пельтье, 13 шт.); 3 – массивное тело; 4 – термопреобразователь внешнего контура (модули Пельтье, 42 шт.); 5 – рассеивающие пластины внешнего контура; 6 – теплоизоляционная втулка; 7 – внешний тепловыравнивающий экран; 8 – нагреватель термостата; 9 – теплоизолирующий корпус калориметра; 10 – растяжки крепления внутреннего модуля, 11 – опоры калориметрического блока



Массивное тело (3) изготовлено из алюминия, состоит из нескольких деталей общей массой 7 869 г. Соотношение масс массивного тела и измерительной камеры равно 18,3 (эта цифра не является расчетной, а получилась исходя из геометрических размеров модулей Пельтье и калориметрического блока).

Снаружи к массивному телу приклеены модули Пельтье (4) в количестве 42 штук, которые являются термопреобразователями внешнего контура калориметра.

К внешним сторонам модулей приклеены теплорассеивающие/теплособирающие пластины (5) с минимальным зазором между собой с целью уменьшения паразитных тепловых потоков потерь.

Собранный калориметрический блок помещен в тепловыравнивающий экран (7) для снижения неравномерности тепловых обменных потоков между внешней средой и калориметрическим блоком.

Калориметрический блок завешен в экране с применением шпилек (10) из коррозионностойкой стали диаметром 4 мм.

Снаружи теплового экрана имеется нагревающая обмотка термостата калориметра (8).

Весь калориметр находится в теплоизоляционном корпусе (9). Толщина теплоизоляции в стенках и дне – 50 мм, 100 мм – в верхней крышке.

Преобразование сигналов с термоэлектрических преобразователей (модулей Пельтье) и термопар, а также работа термостата калориметра осуществляется через ПЛК ОВЕН 154, который связан с компьютером. Контроллер измеряет следующие сигналы:

- сигнал с внутреннего контура термопреобразователей;
- сигнал с внешнего контура термопреобразователей;
- сигнал с термопары измерения температуры теплового экрана;
- сигнал с термопары измерения температуры окружающей среды.

Контроллер через аналоговые токовые выходы управляет тепловыделением в калибровочном зонде, а также мощностью обмотки термостата. Все расчеты и управление термостатом выполняются компьютером.

Термопреобразователи

В качестве термопреобразователей в создаваемом калориметре применены модули Пельтье, точнее обратный эффект модулей (эффект Зеебека). Более чувствительная к перепаду температур полупроводниковая структура, изготовленная из теллурида висмута, выгодно отличается от применяемых в других моделях калориметров термопар.

Российский производитель легированного теллурида висмута заявляет следующие данные [4]:

- коэффициент Зеебека для ветви *n*-типа 150–160 мкВ/К;
 - коэффициент Зеебека для ветви *p*-типа 140–150 мкВ/К.
- Средний суммарный коэффициент Зеебека – 300 мкВ/К.

Средний суммарный коэффициент преобразования новейших образцов теллурида висмута [5] составляет более 500 мкВ/К. Для сравнения: коэффициент преобразования термопары алюмель-константан составляет 60 мкВ/К [6].

Все модули подключены последовательно и напряжение всех переходов складывается.

В калориметре применены модули Пельтье с количеством переходов – 127. Во внутреннем измерительном контуре установлено 13 модулей, а во внешнем – 42.

Чувствительность измерительного тракта ПЛК – 5 мкВ/разряд.



Расчетная чувствительность измерительных контуров составляет:

- для внутреннего измерительного контура – 10,1 мкК/1 разряд;
- для наружного измерительного контура – 3,125 мкК/1 разряд.

Теплопроводность модулей достаточно высокая и при высокой чувствительности правильно будет, рассматривая работу калориметра, оперировать не разностью температур на модулях термопреобразователей, а тепловым потоком через них.

Принцип работы

Реакция происходит в зонде, который опускается в реакционную камеру через отверстие в верхних крышках калориметрического блока, экрана и теплоизоляционного корпуса. Тепловой поток от реакции поступает в тело реакционной камеры, а далее через термоэлектрические преобразователи в массивное тело.

Массивное тело снаружи имеет внешний контур термопреобразователей, предназначенный для регистрации тепловых потоков от внешней среды. Именно массивное тело, окруженное наружным и внутренним измерительными контурами, является измерительным ядром калориметра.

В установившемся режиме, когда температура внешней среды изменилась, и через термопреобразователи прошел тепловой поток извне, то внутренним контуром будет зарегистрирован тепловой поток $Q_{\text{внут}}$, а внешним – $Q_{\text{внеш}}$. Соотношение этих потоков зависит от соотношения теплоемкостей реакционной камеры, зонда, реагентов и массивного тела. Это соотношение постоянно при отсутствии поступлений энергии изнутри реакционной камеры.

В данной конструкции калориметра имеется возможность измерения теплоемкости реагентов. Отклонение соотношения потоков $Q_{\text{внут}}$ и $Q_{\text{внеш}}$ для данного калориметра и зонда находится в зависимости от теплоемкости реагирующих веществ (при отсутствии реакции).

В результате реакции выделенная или поглощенная энергия пройдет через оба измерительных контура с коэффициентом соотношения k_z , который учитывает паразитные тепловые потоки, разброс передаточных характеристик термопреобразователей и прочие факторы. В идеальном случае вся энергия, выделенная в реакционной камере, прошедшая через первый измерительный контур, пройдет и через второй в том же объеме при условии неизменности температуры окружающей среды. Таким образом, при проведении реакции с выделением или поглощением тепла в реакционной камере нарушится соотношение потоков $Q_{\text{внут}}$ и $Q_{\text{внеш}}$.

Калориметрический модуль имеет возможность термостатирования. Задачи, решаемые термостатированием:

- 1) проведение реакции в диапазоне температур: от температуры окружающей среды до 70 °С;
- 2) уменьшение возмущающего воздействия, вызванного изменением температуры окружающей среды.

Математическая модель

На рис. 2 представлена расчетная модель калориметрического блока без учета тепловых потерь.

Оценка потерь расчетным путем сложна и не вызывает доверия. Достоверные данные о потерях возможно получить только при калибровке прибора.

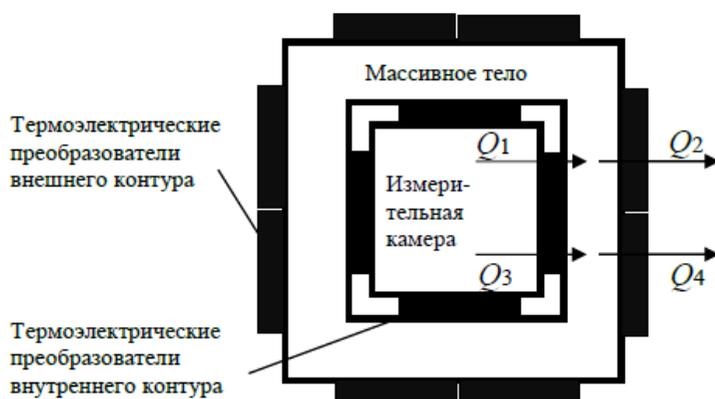


Рис. 2. Расчетная модель калориметра

Для анализа данной модели разделяем энергию тепловых потоков на две группы: Q_1, Q_2 – энергия потоков, вызванных химической реакцией, и Q_3, Q_4 – энергия потоков внешнего воздействия окружающей среды. Из этого следует следующая система уравнений:

$$\begin{cases} Q_1 + Q_3 = \int_{t_0}^{t_k} k_1 U_1 dt \\ Q_2 + Q_4 = \int_{t_0}^{t_k} k_2 U_2 dt \\ Q_2 = k_3 Q_1 \\ Q_3 / Q_4 = k_4 \end{cases}, \quad (1)$$

где Q_1 – тепловая энергия химической реакции через внутренний измерительный контур; Q_2 – тепловая энергия химической реакции через внешний измерительный контур; Q_3 – тепловая энергия от внешнего воздействия на внутренний измерительный контур; Q_4 – тепловая энергия от внешнего воздействия на внешний измерительный контур; k_1 – коэффициент преобразования термопреобразователей внутреннего контура; k_2 – коэффициент преобразования термопреобразователей внешнего контура; k_3 – безразмерная функция связи теплового потока между внутренним и наружным измерительными контурами при отсутствии внешнего воздействия; k_4 – безразмерная функция связи между измерительными контурами от внешнего воздействия при отсутствии потока от измерительной камеры; U_1 – напряжение термопреобразователя внутреннего измерительного контура; U_2 – напряжение термопреобразователя внешнего измерительного контура.

Решением системы является уравнение:

$$Q_1 = \frac{k_1 \int_{t_0}^{t_k} U_1 dt - k_4 k_2 \int_{t_0}^{t_k} U_2 dt}{1 - k_4 k_3}, \quad (2)$$

где t_0 и t_k – соответственно время начала и конца реакции.

Уравнение справедливо при условии, что за некоторое время t до реакции и некоторое время после нее отсутствует приток энергии извне. Это время опре-

деляется постоянной теплообмена межконтурной связи калориметра. Отсутствие потока извне возможно только при условии постоянства температуры внешней среды, а это невозможно. На графике потока отсутствуют долговременные участки нулевого значения, достаточные для проведения измерений. Для решения данной проблемы сигнал от внешнего контура сдвигается на время t .

Кроме того, коэффициенты k_1 и k_2 зависят от температуры внутри калориметра, а функции k_3 и k_4 учитывают тепловые потери конструкции калориметра и зонда.

В задачу математической модели входит не только расчет тепла химической реакции, но и расчет коэффициентов в процессе настройки и калибровки прибора после сборки и в процессе эксплуатации калориметра.

В данный момент используется упрощенная модель, описанная формулой (2).

Исследователи продолжают работу над математической моделью с целью улучшения метрологических характеристик калориметра.

Результаты

Для оценки, настройки и калибровки калориметра изготовлен калибровочный зонд. Оценка работы калориметра рассматривается на следующем примере:

– перепад температур между внутренней измерительной ячейкой и внешней средой составляет 5,0–4,2 °С, при этом внутренняя температура 24,3 °С относительно стабильна, так как обеспечивается работой термостата, внешняя имеет колебания в пределах 0,8 °С;

– в момент времени $t \approx 45\,000$ с (рис. 3) включается калибровочный зонд, в котором за время 625 с выделяется энергия 1 Дж.

Сигнал внешнего термопреобразователя масштабируется и смещается во времени графика на 200 секунд с целью компенсировать разность сигналов и запаздывание реакции внутреннего контура на внешнее воздействие.

Нулевая линия получается вычитанием из сигнала внутреннего контура приведенного сигнала внешнего. В отрезке времени, представленном на графике, амплитуда колебаний расчетной нулевой линии составляет 4 мкВ, что меньше одного разряда АЦП измерительного тракта контроллера.

На рис. 3 представлен график зарегистрированного измерительной камерой тепловыделения.

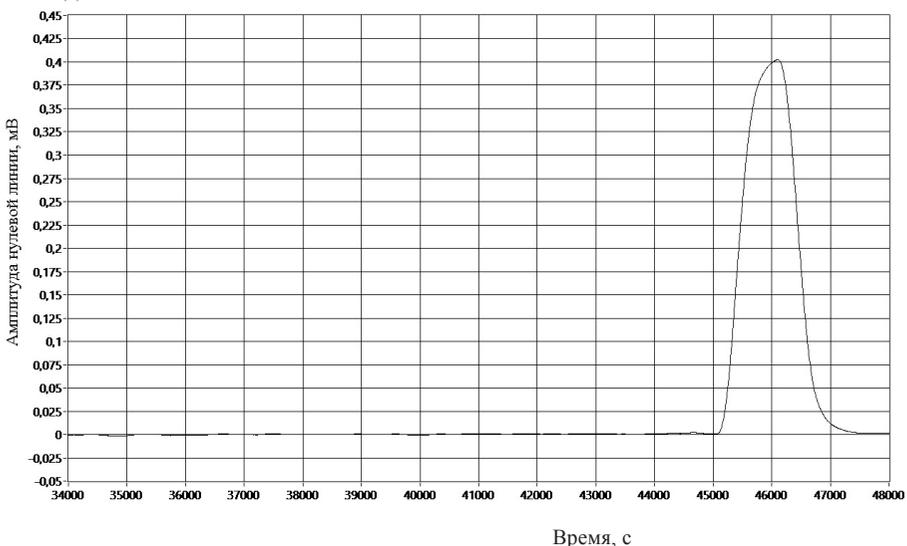


Рис. 3. График тепловыделения 1 Дж энергии



Максимальная ошибка, вызванная отклонением расчетной нулевой линии, составляет 7,5 мкВ·с. Относительная погрешность при выделении 1 Дж энергии – 1,78 %. Продолжительность измерений – 42 мин. Следует заметить, что относительная погрешность калориметра зависит не только от величины тепловыделения/теплопоглощения, а также от продолжительности реакции.

Заключение

В рамках настоящей работы разработан и создан калориметр оригинальной конструкции с высокими метрологическими характеристиками для строительных производств.

Для производства подобного калориметра не требуется специального оборудования, а комплектующие являются стандартными позициями, что уменьшает стоимость и упрощает техническое обслуживание.

KUTUZOV Anatoly Georgievich, engineer; SULEYMANOV Evgeny Vladimirovich, doctor of chemical sciences, professor, holder of the chair of solid state chemistry, faculty of chemistry; KUTUZOV Nikita Anatolevich, postgraduate student of the chair of statistical radiophysics and bionics; BARABANOV Vladimir Evgenevich, postgraduate student of the chair of statistical radiophysics and bionics

SINGLE-CHAMBER FLOW CALORIMETER WITH TWO CIRCUITS OF DIFFERENTIAL THERMOELECTRIC CONVERTERS

Lobachevsky Nizhny Novgorod State University
23, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 462-35-35;
e-mail: suev@unn.ru

Key words: calorimeter, thermochemistry, Peltier modules, differential converters.

The article considers a calorimeter with one measuring chamber and differential thermal converters. Possible application area includes civil engineering and quality control of cement. The Peltier elements with Seebeck effect were used as thermal converters. This calorimeter is quite easy to maintain and is well suited for work in factory laboratories (because of the use of Peltier modules and the rejection of complex thermostating circuits). The resulting measuring module has high metrological characteristics and can be used in multimodule calorimetric systems.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Standard practice for measuring hydration kinetics of hydraulic cementitious mixtures using isothermal calorimetry // ASTM C1679-08 – USA: ASTM International, 2008.
2. 4th European Cement Calorimetry Conference / <https://www.cementcalorimetry.org/>.
3. Adamtsevich A. O., Pashkevich S. A., Pustovgar A. P. Application of calorimetry for prognosticating strength increase of fast-curing cement systems // Magazine of civil engineering. 2013. № 3(38). P. 36–42.
4. <http://www.adv-engineering.ru/production/bismuth%20telluride.html>.
5. Han, Mi-Kyung et al. Thermoelectric Properties of Bi₂Te₃: CuI and the Effect of Its Doping with Pb Atoms / Materials (Basel, Switzerland), vol. 10, 11 1235. 26 Oct. 2017.
6. D. M. Rowe CRC Handbook of Thermoelectrics / D. M. Rowe. CRC-Press, 1995, 701 p.

© А. Г. Кутузов, Е. В. Сулейманов, Н. А. Кутузов, В. Е. Барабанов, 2020

Получено: 07.12.2019 г.

УДК 627.8.04(477.75)

Я. В. ВОЛОСУХИН, ген. директор

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ВОДОВОДОВ ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ЧЕРНОРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

ИКЦ «Безопасность гидротехнических сооружений»

Россия, 346400, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 200.

Тел.: (8635) 26-60-26; эл. почта: safety@ibgts.ru

Ключевые слова: водохранилище, водовод, диагностика, инструментальные обследования.

На основании инструментальных обследований и расчетов показано техническое состояние существующих систем водоводов водозаборного сооружения Чернореченского водохранилища. Рекомендован ряд мероприятий для снижения скорости коррозионного износа водопроводящих труб изучаемого объекта.

Чернореченское водохранилище естественного стока расположено в юго-западной части полуострова Крым на территории города федерального значения Российской Федерации – Севастополь. Комплекс ГТС Чернореченского водохранилища построен в 1956 году на реке Черной, в центре Байдарской долины, в западной части северного макросклона Крымских гор. Высота над уровнем моря – 251 м. Объем водохранилища – 64,2 млн м³, эксплуатационные запасы – 44,3 млн м³. При объеме водохранилища ниже 7 млн м³ начинается «красная зона», которая угрожает состоянию водоема.

Водосбросное сооружение представляет собой водосливную гравитационную плотину автоматического действия.

Чернореченское водохранилище в городе Севастополе является самым крупным водохранилищем естественного стока Крымского полуострова, предназначено для водообеспечения населения города (443 тыс. 212 чел. на 01.01.2019 г.). Комплекс ГТС Чернореченского водохранилища относится к ГТС I класса чрезвычайно высокой опасности и находится под постоянным государственным надзором Ростехнадзора [1–3].

В г. Севастополе 92 % населения получают воду круглосуточно, остальные – по 6-часовому графику, если к июню накопленный объем не превышал 30 млн м³.

Комплекс ГТС Чернореченского водохранилища эксплуатируется 63 года, и на нем начали *проявляться* проблемы старения сооружений.

При выполнении технического диагностирования были использованы методики и аппаратура, регламентируемые действующей нормативно-технической документацией с учетом требований проектной, исполнительной и эксплуатационной документации на обследуемый объект.

Периодичность диагностики согласно РД 39-132-94 устанавливается в зависимости от местных условий, сложности рельефа и условий пролегания трассы, а также экономической целесообразности и приурочивается к ревизии участков трубопроводов.

Цель обследования – определение остаточного ресурса водоводов (остаточный срок службы эксплуатации) комплекса ГТС и определение их технического состояния.



Для решения данной цели были поставлены **задачи**:

- определить фактическую толщину стенок труб водовода, с последующей обработкой и сравнением с номинальной толщиной труб;
- рекомендовать ряд мероприятий для снижения скорости коррозионного износа водопроводящих труб.

Новизна исследований. Впервые проведены комплексные детальные обследования технического состояния существующих систем водоводов водозаборного сооружения Чернореченского водохранилища и даны рекомендации по проведению дальнейших ревизий трубопроводов.

Практическая значимость работы заключается в определении технического состояния существующих систем водоводов водозаборного сооружения Чернореченского водохранилища; обосновании остаточного срока эксплуатации и мероприятий по снижению скорости коррозионного износа водопроводящих труб.

Методика исследований. Определение остаточного ресурса действующих трубопроводов водозаборного сооружения Чернореченского водохранилища производилось на основании комплексного диагностирования, выполненного в составе работ по экспертизе и оценке технического состояния.

Программа комплексного технического диагностирования трубопроводов головных сооружений отражает общие принципы, структуру и основные методические положения по проведению диагностики трубопроводов.

Технические диагностирования трубопроводов проводились на основании технического задания и разработанной индивидуальной программы, обеспечивающей получение и обработку необходимой и достаточной информации о техническом состоянии и функциональных возможностях объекта.

Методы диагностирования контролируемых параметров определялись нормативно-техническими документами [4–17].

Результаты исследований. По результатам анализа проектно-технической документации [18, 19], а также материалов, содержащих технические нормы, были определены основные параметры труб водопроводящей части водозаборного сооружения Чернореченского гидроузла, представленные в таблице.

При измерении толщины стенок труб водовода использовался ультразвуковой толщиномер А1209, основанный на ультразвуковом методе неразрушающего контроля.

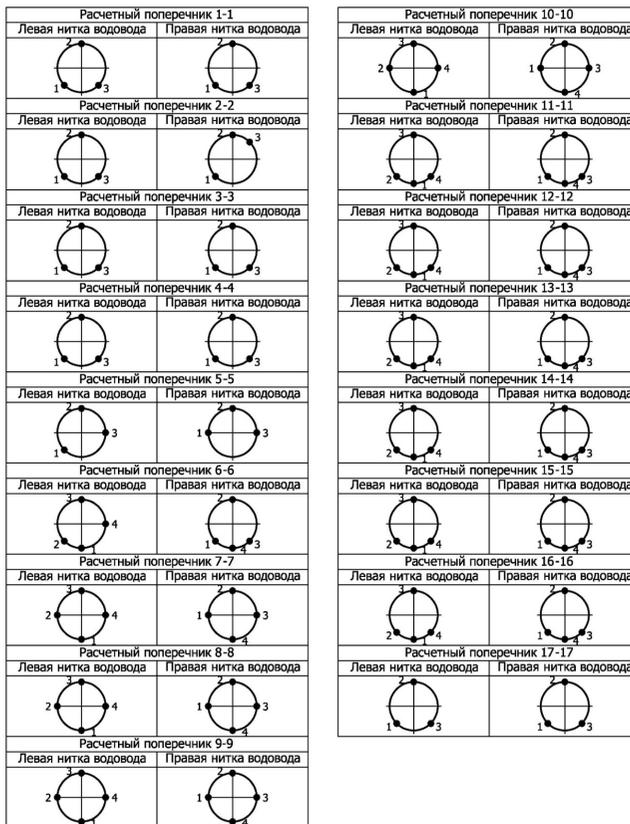
Данный прибор предназначен для измерения толщины стенок труб, котлов, сосудов, обшивок судов, литья, листового проката и других изделий из черных и цветных металлов. Поверхности изделий могут быть гладкими или грубыми и кординированными с шероховатостью. Прибор позволяет контролировать изделия из металлов, покрытых краской, а также из пластмасс, стекла, керамики.

По всей длине ниток водоводов было намечено 17 поперечников (через 20 м). На каждом поперечнике было определено несколько точек, в которых производились замеры (рисунок). Для получения наиболее достоверной информации о фактической толщине при инструментальном обследовании поверхности труб были зачищены от защитного слоя. В каждой точке измерения выполнялись не менее 3 раз. Расчеты конструктивных элементов трубопроводов на прочность и устойчивость и расчет остаточного ресурса безопасной эксплуатации трубопроводов по критерию допустимого коррозионного износа производятся по минимальной вероятной толщине стенки с учетом фактических значений механических характеристик металла труб и режимов эксплуатации трубопроводов с помощью специального программного обеспечения в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.



Параметры и технические характеристики водопроводящей части

| Номер | Наименование | Ед. изм. | Количество |
|-------|---|-------------------|------------|
| 1 | Количество ниток водовода | шт. | 2 |
| 2 | Длина одной нитки водовода, L | м | 340 |
| 3 | Условный проход, D_v | мм | 1400 |
| 4 | Наружный диаметр, D_n | мм | 1620 |
| 5 | Внутренний диаметр, D_b | мм | 1606 |
| 6 | Толщина стенки трубы, t_n | мм | 14 |
| 7 | Масса 1 м трубы, m | кг | 554,5 |
| 8 | Уклон водовода, i | ‰ | 2 |
| 9 | Пропускная способность (двух ниток), Q | м ³ /с | 21,6 |
| 10 | Материал изготовления | - | Ст.3 |
| 11 | Нормативное сопротивление разрыву материала трубы, $R_{1н}$ | МПа | 400 |
| 12 | Нормативное сопротивление пределу текучести при растяжении, сжатии в изгибе материала трубы, $R_{2н}$ | МПа | 240 |
| 13 | Срок эксплуатации, T | лет | 36 |



План-схема обследования ниток водовода



Сплошной контроль элементов трубопровода различными методами выполнить не всегда возможно (из-за недоступности некоторых его участков), а в ряде случаев в этом нет необходимости, поэтому применяют выборочный контроль и оценку поврежденности по наибольшим размерам выявленных дефектов. При этом необходимо применение статистических методов для уменьшения величины погрешности.

Достоверность контроля характеризует степень соответствия его результатов фактическому техническому состоянию объекта и определяется двумя показателями: точностью и доверительной вероятностью. Точность определения величин обнаруженных дефектов и геометрических размеров элементов трубопровода указывают в виде доверительного интервала (например, для толщины стенки: 9 ± 1 мм) или односторонней доверительной границы (например, толщина стенки не менее 8 мм). Доверительную вероятность Y , т. е. вероятность нахождения фактического размера внутри доверительного интервала, стандарты по измерениям рекомендуют указывать в зависимости от ответственности контроля (как правило, $Y = 0,95$).

Разброс результатов измерений толщины стенок может наблюдаться из-за неравномерности их коррозии. Это различие часто бывает вызвано различием условий нагружения различных участков трубопровода, а также стохастическими свойствами процесса коррозии.

При традиционной схеме на карте контроля точки для измерения толщины стенки распределяют равномерно. Поскольку измерения осуществляют выборочно (в намеченных точках), то при этом методе минимальная из измеренных величин может оказаться существенно больше, чем фактическая минимальная толщина стенки. Достоверность контроля при этом остается неопределенной, если не учитывать разброс фактических толщин элемента трубопровода.

При планировании контроля необходимо определить количество точек, выбираемых для измерений N . Чем больше N , тем выше достоверность контроля, но тем выше и его трудоемкость. Возможны следующие варианты контроля.

Сплошной контроль, при котором измеряют толщину стенки на всех элементарных участках поверхности F_0 , глубина коррозии на которых не зависит от соседних участков. Сплошной контроль не имеет статистической погрешности, погрешность определяется технической погрешностью приборов и методов контроля.

Выборочный контроль, при котором $N < F/F_0$, где F – площадь контролируемой поверхности. Достоверность контроля при выборочном контроле зависит от величины отношения F/F_0 и степени неравномерности коррозии. При инструментальном обследовании ниток водовода применялся выборочный контроль, так как достоверность контроля может быть достаточно высокой, если известна мера разброса измеряемой толщины стенки (среднее квадратическое отклонение σ).

Среднее квадратическое отклонение σ определяется по результатам измерений на нескольких участках поверхности, находящихся в одинаковых условиях эксплуатации, по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (t_k - t_{cp})^2}{N - 1}}, \quad (1)$$

где t_k – результаты измерений толщин на k -х участках поверхности; t_{cp} – средняя измеренная толщина; N – число участков замера.

Таким образом, среднее квадратическое отклонение для ниток трубопроводов составляет:



$$\sigma_{л.м} = \sqrt{\frac{123,65}{186-1}} = 0,82; \quad \sigma_{н.м} = \sqrt{\frac{310,23}{186-1}} = 1,29.$$

Минимальную возможную толщину стенки t_{\min} с учетом неконтролируемых участков поверхности определяют для доверительной вероятности 95 % применительно к трубопроводам по формуле:

$$t_{\min} = t_{\text{cp}} - 2\sigma. \quad (2)$$

Средняя скорость коррозии стенки трубопровода определялась по формуле:

$$V_{\text{cp}} = \frac{t_n - t_{\min}}{\tau}, \quad (3)$$

где τ – время эксплуатации.

Остаточный ресурс трубопровода определяется по формуле:

$$\tau_{\text{ост}} = \frac{t_{\min} - t_{\text{отб}}}{V_{\text{cp}}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{отб}}$ – толщина стенки трубы или детали трубопровода, при которой они должны быть изъяты из эксплуатации, мм.

При оценке остаточного ресурса в условиях коррозионно-эрозионного износа трубопроводов выполняется расчет на действие внутреннего давления. При определении толщины стенки оценивалась несущая способность элементов в целом по выражениям:

$$t_{\text{отб}} = \frac{nPaD_n}{2(R_1 + nP)} \quad \text{при} \quad \frac{R_2^* \cdot m_3}{R_1^* \cdot m_2} \geq 0,75, \quad (5)$$

$$t_{\text{отб}} = \frac{nPaD_n}{2(0,9R_2^* \cdot m_3 + nP)} \quad \text{при} \quad \frac{R_2^* \cdot m_3}{R_1^* \cdot m_2} < 0,75, \quad (6)$$

где:

n – коэффициент перегрузки рабочего давления в трубопроводе;

P – рабочее давление в трубопроводе при эксплуатации водозаборного сооружения, когда отметка УВБ находится на отметке НПУ = 261,00 м, принимается 0,25 МПа;

α – коэффициент несущей способности для труб, конических переходов, выпуклых заглушек принимается равным 1,0;

D_n – наружный диаметр трубы, м;

R_1 – расчетное сопротивление материала труб и деталей трубопроводов, МПа, определяемое по формуле:

$$R_1 = R_{н1} \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot k_1,$$

где m_1 – коэффициент условий работы материала труб при разрыве; m_2 – коэффициент условий работы трубопровода; m_3 – коэффициент условий работы материала труб; k_1 – коэффициент однородности материала труб.

Полученные величины отбраковочной толщины труб не могут быть меньше минимально допустимой толщины стенки технологического трубопровода, равной $t_{\min, \text{доп}} = 4$ мм для водоводов $D > 426$ мм.

Исходя из выполненных расчетов, остаточный ресурс трубопроводов составил $\tau_{\text{ост}} = 19,2$ года.

На основании полученных результатов сделаны следующие **выводы**:

1. Выполненные инструментальные обследования и расчеты по определению



технического состояния существующих систем водоводов водозаборного сооружения Чернореченского водохранилища, находящихся в эксплуатации 36 лет, свидетельствуют о том, что фактические параметры сооружения обеспечивают дальнейшую надежную и безопасную эксплуатацию водозаборного сооружения.

2. С целью продления остаточного срока эксплуатации ($\tau_{\text{ост}} = 19,2$ года) необходимо проведение мероприятий по снижению скорости коррозионного износа водопроводящих труб, связанных с применением антикоррозионных покрытий внутренней части двух ниток водоводов с условным диаметром $D_y = 1400$ мм и начальной толщиной стенок $t_n = 14$ мм.

3. При скорости коррозии труб $0,10 < V_{\text{cp}} = 0,181$ мм/год $< 0,50$ рекомендуется проведение ревизии трубопроводов не реже одного раза в 2 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2017 году : доклад. – Омск : Стивэс, 2018. – 585 с. – ISBN 978-5-9631-0574-0. – Текст : непосредственный.

2. Волосухин, Я. В. Обеспечение безопасности водопользования в республике Крым / Я. В. Волосухин, Д. Ю. Наволокин. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2017. – № 6. – С. 4–9.

3. Волосухин, Я. В. Нормативное, правовое и техническое регулирование в области безопасности гидротехнических сооружений / В. А. Волосухин, Я. В. Волосухин. – Текст : непосредственный // Гидросооружения. – 2010. – № 1. – С. 22–30.

4. Российская Федерация. Законы. О безопасности гидротехнических сооружений : Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 1997 года № 117-ФЗ : [принят Государственной Думой 23 июня 1997 года] : [редакция от 29 июля 2018 года]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/. – Режим доступа: КонсультантПлюс. ВерсияПроф. – Текст электронный.

5. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ : [принят Государственной Думой 20 июня 1997 года] : [редакция от 29 июля 2018 года]. – URL: [consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/). – Режим доступа: КонсультантПлюс. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

6. Российская Федерация. Ростехнадзор. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» : приказ Ростехнадзора от 14 ноября 2013 года № 538 : [зарегистрировано в Минюсте России 26 декабря 2013 г. № 30855] : [редакция от 28.07.2016]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156718/. – Режим доступа: КонсультантПлюс. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

7. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Термины и определения : утвержден постановлением Госстандарта СССР от 15.11.1989 N 3375 : введен впервые : дата введения 1990-07-01. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 38 с. – (Государственный стандарт СССР). – Текст : непосредственный.

8. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытания на растяжение : утвержден постановлением Госстандарта СССР от 16.07.1984 N 2515 : введен впервые : дата введения 1986-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 22 с. : ил. – (Межгосударственный стандарт). – Текст : непосредственный.

9. ГОСТ 32388-2013. Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия : утвержден приказом Росстандарта от 03.04.2014 N 304-ст : введен впервые : дата введения 2014-08-01. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/471879436>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

10. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-комму-



нального хозяйства Российской Федерации от 03 декабря 2016 г. № 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 04 июля 2017 г. – Москва, 2016. – IV, 80 с. : ил. – Текст : непосредственный.

11. СП 33.13330.2012. Расчет на прочность стальных трубопроводов : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. № 621 : актуализированная редакция СНиП 2.04.12-86 : дата введения 01 января 2013 г. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/464669933>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

12. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 791 : актуализированная редакция СНиП 2-23-81* : дата введения 20 мая 2011 г. – URL: <http://www.docs.cntd.ru> Стальные конструкции. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

13. СП 34-116-97. Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промышленных нефтегазопроводов : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 23 декабря 1997 г. № 441 : дата введения 01 апреля 1998 г. – Москва, 1997. – 141 с. : ил. – (Ведомственные строительные нормы). – Текст : непосредственный.

14. РД 34.10.130-96. Инструкция по визуально-измерительному контролю : руководящий документ : утвержден и введен в действие Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 15 августа 1996 г. : дата введения 01 июля 1996 г. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/464624105>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

15. РД 39-132-94. Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромышленных трубопроводов : руководящий документ : утвержден и введен в действие Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 30 декабря 1993 г. : дата введения 01 июля 1994 г. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/464626210>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

16. РД 50-690-89. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным : руководящий документ : дата введения 01 января 1991 г. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/1200035567>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

17. РД 39-00147103-001-91. Методика оценки работоспособности труб линейной части нефтепроводов на основе диагностической информации : руководящий документ : утвержден и введен в действие заместителем Главтранснефть 20 декабря 1991 г. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293787/4293787899>. – Текст : электронный.

18. Нарращивание плотины Чернореченского водохранилища : технический проект. Т. III. Комплекс сооружений водохранилища. Кн. 2. Основные сооружения гидроузла. Чертежи. – Киев : [б. и.], 1975. – Текст : непосредственный.

19. Чернореченское водохранилище : правила эксплуатации / Укргипроводхоз. – Киев, 1980. – Т. 1. – 271 с. – Текст : непосредственный.

VOLOSUKHIN Yakov Viktorovich, general director

TECHNICAL CONDITION OF EXISTING WATER PIPELINES OF THE DIVERSION STRUCTURE OF THE CHERNORECHENSK RESERVOIR OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

ECC "Safety of hydraulic structures"

200, Baklanovsky proezd, Novocherkassk, Rostov region, 346400, Russia.

Tel.: +7 (8635) 26-60-26; e-mail: safety@ibgts.ru

Key words: reservoir, water pipeline, diagnostics, instrumental examinations.



The article shows the technical condition of the existing systems of water pipelines intake facilities of the Chernorechensk reservoir on the basis of instrumental surveys and calculations. A number of measures are recommended to reduce the rate of corrosion wear of water pipes of the studied object.

REFERENCES

- 1 О состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2017 году [On the state and protection of the environment in the Republic of Crimea in 2017]. Доклад. Омск: Stives, 2018, 585 p. ISBN 978-5-9631-0574-0.
2. Volosukhin Ya. V., Navolokin D. Yu. Obespechenie bezopasnosti vodopolzovaniya v respublike Krym [Ensuring the safety of water use in the Republic of Crimea] // Vodopobavleniye i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary technique]. 2017. № 6. P. 4–9.
3. Volosukhin V. A., Volosukhin Ya. V. Normativnoe, pravovoe i tekhnicheskoe regulirovaniye v oblasti bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Normative, legal and technical regulation in the field of safety of hydraulic structures] // Gidrosooruzheniya [Hydraulic works]. № 1. 2010. P. 22–30.
4. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. O bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Russian Federation. Laws. On safety of hydraulic structures]: Federalny zakon Rossiyskoy Federatsii ot 21 iyulya 1997 goda № 117-FZ, prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 23 iyunya 1997 goda, redaktsiya ot 29 iyulya 2018 goda. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/. – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. VersiyaProf.
5. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh obektov [Russian Federation. Laws. On industrial safety of hazardous production facilities] Federalny zakon Rossiyskoy Federatsii ot 21 iyulya 1997 goda № 116-FZ, prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 20 iyunya 1997 goda, redaktsiya ot 29 iyulya 2018 goda. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/. – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. VersiyaProf.
6. Rossiyskaya Federatsiya. Rostekhnadzor. Ob utverzhdenii federalnykh norm i pravil v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila provedeniya ekspertizy promyshlennoy bezopasnosti» [Russian Federation. Rostekhnadzor. About the approval of Federal regulations and rules in the field of industrial safety "Rules of carrying out examination of industrial safety"]: prikaz Rostekhnadzora ot 14 noyabrya 2013 goda № 538: [zaregistrirvano v Minyuste Rossii 26 dekabrya 2013 g. № 30855]: [redaktsiya ot 28.07.2016]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156718/. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. VersiyaProf.
7. GOST 27.002-89. Nadyozhnost v tekhnike. Terminy i opredeleniya [Reliability in technology. Terms and definitions]: utverzhdyon postanovleniem Gosstandarta SSSR ot 15.11.1989 № 3375: vvedyon v pervyye : data vvedeniya 1990-07-01. – Moscow : Izdatelstvo standartov, 1990. – 38 p. – (Gosudarstvenny standart SSSR).
8. GOST 1497-84. Metally. Metody ispytaniya na rastyazheniye [Metals. Methods of tensile testing]: utverzhdyon postanovleniem Gosstandarta SSSR ot 16.07.1984 № 2515 : vvedyon v pervyye : data vvedeniya 1986-01-01. – Moscow : Standartinform, 2008, 22 p. : il. – (Mezhgosudarstvenny standart).
9. GOST 32388-2013. Truboprovody tekhnologicheskkiye. Normy i metody raschyota na prochnost, vibratsiyu i seysmicheskkiye vozdeystviya [The Pipelines. Norms and methods of calculation for strength, vibration and seismic effects]: utverzhdyon prikazom Gosstandarta SSSR ot 03.04.2014 № 304-st : vvedyon v pervyye : data vvedeniya 2014-08-01. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/471879436>. – Rezhim dostupa: Tekhekспорт.
10. SP 20.13330.2011. Nagruzki i vozdeystviya [Loads and impacts]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khzyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 03 dekabrya 2016 g. № 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.01.07-85*: data vvedeniya 04 iyulya 2017 g. – Moscow, 2016. – IV, 80 p. : il.



11. SP 33.13330.2012. Raschyot na prochnost stalnykh truboprovodov [Strength calculation of steel pipelines]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 29 dekabrya 2011 g. № 621 : Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.04.12-86: data vvedeniya 01 yanvarya 2013 g. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/464669933>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

12. SP 16.13330.2011. Stalnye konstruksii [Steel structure]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 27 dekabrya 2010 g. № 791 : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2-23-81*: data vvedeniya 20 maya 2011 g. – URL: <http://www.docs.cntd.ru>Стальные конструкции. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

13. SP 34-116-97. Instruksiya po proektirovaniyu, stroitelstvu i rekonstruksii promyslovykh neftegazoprovodov [Instructions for the design, construction and reconstruction of field oil and gas pipelines]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Ministerstva energetiki Rossiyskoy Federatsii ot 23 dekabrya 1997 g. № 441: data vvedeniya 01 aprelya 1998 g. – Moscow, 1997. – 141 p. : il. – (Vedomstvennye stroitelnye normy).

14. RD 34.10.130-96. Instruksiya po vizualno-izmeritelnomu kontrolyu [Instructions for visual and measuring control]: rukovodyaschiy dokument : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Ministerstva energetiki Rossiyskoy Federatsii ot 15 avgusta 1996 g. : data vvedeniya 01 iyulya 1996 g. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/464624105>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

15. RD 39-132-94. Pravila po ekspluatatsii, revizii, remontu i otrakovke neftepromyslovykh truboprovodov [Rules for operation, audit, repair and rejection of oil field pipelines]: rukovodyaschiy dokument: utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Ministerstva energetiki Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 1993 g.: data vvedeniya 01 iyulya 1994 g. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/464626210>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

16. RD 50-690-89. Metodicheskie ukazaniya. Nadyozhnost v tekhnike. Metody otsenki pokazateley nadyozhnosti po eksperimentalnym dannym [Reliability in technology. Methods of estimation of reliability indices on experimental data]: rukovodyaschiy dokument: data vvedeniya 01 yanvarya 1991 g. – URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/1200035567>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

17. RD 39-00147103-001-91. Metodika otsenki rabotosposobnosti trub lineynoy chasti nefteprovodov na osnove diagnosticheskoy informatsii [The method of estimation of operability of pipes of linear part of oil pipelines on the basis of diagnostic information]: rukovodyaschiy dokument: utverzhdyon i vvedyon v deystvie zamestitelem Glavtransneft 20 dekabrya 1991 g. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293787/4293787899>.

18. Naraschivanie plotiny Chernorechenskogo vodokhranilisha [Build-up of the Chernorechensky reservoir dam]. Tekhnicheskiy proekt. T. III. Kompleks sooruzheniy vodokhranilisha. Kn. 2. Osnovnye sooruzheniya gidrouzla. Chertezhi. Kiev, 1975.

19. Chernorechenskoe vodokhranilische. Pravila ekspluatatsii [Chernorechensk reservoir. Operating rules] / Ukrpiprovodkhoz. Kiev, 1980. Vol. 1, 271 p.

© Я. В. Волосухин, 2020

Получено: 26.10.2019 г.

УДК 628.46

Д. В. БОЯРКИН, канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии

ВОПРОСЫ УСТАНОВЛЕНИЯ НОРМАТИВОВ НАКОПЛЕНИЯ КАК ОДИН ИЗ АСПЕКТОВ РЕФОРМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

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

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, норматив накопления отходов, обращение с отходами, сбор отходов.

Рассмотрены вопросы установления нормативов накопления твердых коммунальных отходов как один из аспектов проводящейся в настоящее время в РФ реформы обращения с отходами. Проанализированы правовые основы процедуры установления нормативов накопления твердых коммунальных отходов и выявлены проблемы, возникающие в ходе выполнения данной процедуры на примере Нижегородской области.

В настоящее время в РФ проводится масштабная реформа сферы обращения с твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО). Началом данной реформы можно считать появление Федерального закона от 29.12.2014 № 458-ФЗ [1], внесшего значительное количество изменений и дополнений в Федеральный закон от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [2] (далее – Федеральный закон № 89-ФЗ). В частности, согласно новой редакции Федерального закона № 89-ФЗ, вступившей в силу с 1 января 2019 года, «сбор, транспортирование, обработка, утилизация, обезвреживание, захоронение твердых коммунальных отходов на территории субъекта Российской Федерации обеспечиваются одним или несколькими региональными операторами в соответствии с региональной программой в области обращения с отходами и территориальной схемой обращения с отходами» (п. 1 ст. 24.6).

Во исполнение данного положения Федерального закона № 89-ФЗ на территории Нижегородской области (в соответствии с «Территориальной схемой обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами на территории Нижегородской области», утвержденной постановлением Правительства Нижегородской области от 8 ноября 2016 года № 752 [3]), были выбраны 9 региональных операторов по обращению с ТКО.

Также в рамках исполнения положений Федерального закона № 89-ФЗ на территории Нижегородской области с 01.01.2019 года были установлены новые нормативы накопления ТКО. Нормативы накопления представляют собой удельные величины образования массы и объема ТКО в определенную единицу времени и составляют основу для расчета платы за услугу по обращению с ТКО. Для их определения в течение 2018 года на территории разных населенных пунктов Нижегородской области специалистами ГБУ НО «Экология региона» по заданию Минэкологии Нижегородской области проводились натурные замеры с целью



получения данных, на основании которых были проведены расчеты нормативов накопления ТКО от различных категорий объектов. Указанные замеры и последующие расчеты проводились в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2016 года № 269 «Об определении нормативов накопления твердых коммунальных отходов» [4] и «Методическими рекомендациями по вопросам, связанным с определением нормативов накопления твердых коммунальных отходов», утвержденными приказом Минстроя России от 28 июля 2016 года № 524/пр [5].

Полученные в результате проведенных замеров и расчетов нормативы накопления ТКО были утверждены постановлением Правительства Нижегородской области от 26 декабря 2018 года № 905 [6].

Размеры нормативов накопления ТКО в Нижегородской области для домовладений индивидуального жилого фонда составляют [6]:

- в г. Нижнем Новгороде – 2,87 м³/чел. в год;
- для населенных пунктов Нижегородской области (за исключением г. Нижний Новгород) – 2,33 м³/чел. в год.

Размеры нормативов накопления ТКО в Нижегородской области для многоквартирных домов составляют 0,1 м³/м² площади в год. Данный норматив един для всей территории Нижегородской области [6].

Различие в удельных величинах обусловлено необходимостью обеспечения плавности перехода на новую систему обращения с ТКО, так как до 01.01.2019 г. плата за обращение с ТКО входила в состав платы за содержание жилого помещения (жилищная услуга) и исчислялась исходя из площади жилого помещения. При этом плата для индивидуальных жилых домов всегда исчислялась исходя из количества проживающих, причем с переходом на новую систему обращения с ТКО для индивидуальных жилых домов такой принцип тоже сохранился. Вместе с тем необходимо отметить, что ранее услуга по вывозу ТКО для многоквартирных жилых домов входила в состав жилищных услуг, плата за которые рассчитывалась также исходя из площади в квадратных метрах. После введения института региональных операторов по обращению с ТКО с 1 января 2019 года услуга по обращению с ТКО перешла из категории жилищных услуг в категорию коммунальных услуг. Таким образом, плата за содержание жилого помещения была уменьшена на сумму платы за услугу по обращению с ТКО.

В соответствии с пунктом 148 (30) постановления Правительства Российской Федерации от 6 мая 2011 г. № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» (вместе с «Правилами предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов») [7] (далее – Постановление Правительства РФ № 354) начисление платы за коммунальную услугу по обращению с ТКО, предоставленную потребителю в жилом помещении, возможно осуществлять исходя из общей площади жилого помещения в случае принятия органом государственной власти субъекта Российской Федерации соответствующего решения.

С 1 января 2019 года региональные операторы по обращению с ТКО начали осуществлять свою деятельность на территории Нижегородской области. В процессе осуществления данной деятельности как региональные операторы, так и органы местного самоуправления и государственной власти на территории Нижегородской области столкнулись с недовольством населения, проживающего как в многоквартирных, так и в индивидуальных жилых домах.



В частности, жители многоквартирных домов выражают недовольство установлением норматива накопления ТКО из расчета на 1 кв. метр площади, причем особенно недовольны в данном случае одиноко проживающие в квартирах большой площади граждане. Жители индивидуальных жилых домов, в свою очередь, также недовольны величиной установленного норматива из расчета на 1 чел./год, так как многие жители сортируют образующиеся у них отходы, частично расходуя их на хозяйственные нужды (закладывая пищевые отходы в компостные ямы или используя деревянную и бумажную упаковку для розжига мангала или печки), частично – сдавая в пункты сбора вторсырья, и в связи этим для них более выгодным было бы установление норматива по фактическому объему образования ТКО.

Необходимо отметить, что вопросы внедрения раздельного накопления и сбора ТКО в настоящее время являются как никогда актуальными не только на территории Нижегородской области, но и в Российской Федерации в целом.

По действующему законодательству вопросы раздельного накопления и сбора ТКО возложены на органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления. Однако организация раздельного накопления ТКО потребует корректировки и нормативов накопления ТКО с учетом объема отобранного для вторичной переработки сырья и тарифа за оказание услуги по вывозу отходов, так как не весь заложенный в тариф объем отходов будет поступать на полигоны ТКО для размещения, а частично будет передаваться мусороперерабатывающим организациям, принося региональным операторам доход.

С целью урегулирования данного вопроса было издано Постановление Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации от 21.03.2019 № 5888-7 ГД «Об информации Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации Д. Н. Кобылкина о реализации перспективных направлений государственной политики в области экологического развития Российской Федерации, а также перспективах обеспечения экологически безопасного обращения с отходами» [8] (далее – Постановление № 5888-7 ГД). В частности, данным Постановлением № 5888-7 ГД вносятся изменения в Постановление Правительства РФ № 354. В соответствии с этими изменениями второй абзац пункта 148 (30) Постановления Правительства РФ № 354 сформулирован следующим образом: «В случае принятия органом государственной власти субъекта Российской Федерации решения об осуществлении потребителями оплаты коммунальной услуги по обращению с твердыми коммунальными отходами исходя из количества и объема контейнеров и бункеров для накопления твердых коммунальных отходов, установленных в местах (площадках) накопления твердых коммунальных отходов, размер платы за коммунальную услугу по обращению с твердыми коммунальными отходами, предоставленную потребителю в жилом помещении, в том числе в комнате в коммунальной квартире, определяется в соответствии с формулой 9(2) приложения № 2 к настоящим Правилам».

Таким образом, до установления новых нормативов накопления ТКО с учетом уменьшения общего объема ТКО за счет ТКО, складываемых в отдельные контейнеры для отходов, предназначенные (в Нижегородской области) для бумаги, картона, различных видов пластика, металла, стекла, текстиля, согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 6 мая 2011 г. № 354 [7] при раздельном накоплении сортированных ТКО необходимо применять учет образования ТКО по объему вывезенных контейнеров (то есть по факту).

Вместе с тем такой подход, являясь неплохим вариантом для жителей индивидуальных жилых домов, может привести к увеличению платы за предоставление



услуги по обращению с ТКО в случае многоквартирных домов. Рассмотрим данный аспект на примере стандартного десятиэтажного жилого дома.

В соответствии с информацией о типовых проектах девятиэтажных домов, размещенных на соответствующем сайте [9], на одном этаже стандартного девятиэтажного жилого дома находятся четыре квартиры: три трехкомнатных и одна двухкомнатная. В соответствии с указанными типовыми проектами общие площади данных квартир составляют соответственно: 49 м², 59 м², 63 м² (трехкомнатные квартиры) и 39 м² (двухкомнатная квартира), т. е. всего на одном этаже стандартного девятиэтажного жилого дома находится 210 м² жилой площади. Соответственно, общая площадь квартир в одном подъезде составит 1890 м². Около каждого подъезда в большинстве жилых домов города Нижнего Новгорода установлено по одному контейнеру для сбора ТКО объемом 1,1 м³. В соответствии с требованиями пункта 2.2.1 СанПиН 42-128-4690-88 «Санитарные правила содержания территорий населенных мест» [10] при временном хранении отходов в дворовых сборниках должна быть исключена возможность их загнивания и разложения, поэтому срок хранения в холодное время года (при температуре –5 °С и ниже) должен быть не более трех суток; в теплое время (при плюсовой температуре свыше +5 °С) – не более одних суток (ежедневный вывоз). Таким образом, исходя из требований СанПиН, вывоз ТКО должен осуществляться в летний период ежедневно и не реже 1 раза в три дня в зимний период. Так как объем накопления отходов от многоквартирных жилых домов является большим, то фактически вывоз ТКО осуществляется ежедневно, т. е. 365 дней в году. Таким образом, в год вывоз отходов составит 401,5 м³, т. е. фактический норматив накопления ТКО будет равен: $401,5 \text{ м}^3 / 1890 \text{ м}^2 = 0,212 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ м}^2$, что более чем в два раза выше утвержденного в настоящее время норматива накопления ТКО – 0,1 м³ на 1 м². Соответственно, оплата по объему вывезенных контейнеров в данном случае фактически приведет к увеличению платежей за услугу по обращению с ТКО для жителей многоквартирных домов в 2 раза.

Для предотвращения возможного повышения платы за услуги по обращению с ТКО при расчете объема вывезенных отходов по фактическому вывозу может быть рекомендовано обустройство общих контейнерных площадок для ряда жилых домов; в случае многоподъездных домов – замена части контейнеров, предназначенных для несортированных отходов, контейнерами для раздельного сбора ТКО, с тем чтобы удельный объем вывозимых отходов не превышал установленных в Нижегородской области нормативов.

В целом для успешного внедрения раздельного сбора ТКО необходимо урегулировать как вопрос установления нормативов образования ТКО с учетом объемов отходов, подлежащих утилизации, так и вопросы тарифного регулирования предоставления данной услуги, а также создание пунктов приема вторичного сырья от населения, экологического просвещения населения и целый ряд иных социально-экономических задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации : Федеральный закон от 29 декабря 2014 № 458-ФЗ : [принят Государственной Думой 23 декабря 2014 года : одобрен



Советом Федерации 25 декабря 2014 года] : [редакция от 03 апреля 2018]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

2. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления : Федеральный закон от 24 июня 1998 № 89-ФЗ : [принят Государственной Думой 22 мая 1998 года : одобрен Советом Федерации 10 июня 1998 года] : [редакция от 27 декабря 2019]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

3. Нижегородская область. Правительство. Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, на территории Нижегородской области: постановление Правительства Нижегородской области от 08 ноября 2016 № 752 : [редакция от 01 сентября 2017]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. Нижегородская область (ННГАСУ). – Текст : электронный.

4. Российская Федерация. Правительство. Об определении нормативов накопления твердых коммунальных отходов : постановление Правительства Российской Федерации от 04 апреля 2016 № 269 : [редакция от 15 сентября 2018]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

5. Российская Федерация. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой РФ). Об утверждении Методических рекомендаций по вопросам, связанным с определением нормативов накопления твердых коммунальных отходов : приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 28 июля 2016 № 524/пр. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

6. Нижегородская область. Правительство. Об утверждении нормативов накопления твердых коммунальных отходов на территории Нижегородской области : постановление Правительства Нижегородской области от 26 декабря 2018 года № 905. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. Нижегородская область (ННГАСУ). – Текст : электронный.

7. Российская Федерация. Правительство. О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов : постановление Правительства Российской Федерации от 06 мая 2011 № 354 : [редакция от 13 июля 2019 г.]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

8. Российская Федерация. Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации. Об информации Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации Д. Н. Кобылкина о реализации перспективных направлений государственной политики в области экологического развития Российской Федерации, а также перспективах обеспечения экологически безопасного обращения с отходами : постановление Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации от 21 марта 2019 г. № 5888-7 ГД. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.

9. Типовые серии домов. – Текст : электронный // Портал о недвижимости «Метр Квадратный». – URL: http://www.kvmeter.ru/information/homes_series/ (дата обращения: 25.12.2019).

10. СанПиН 42-128-4690-88. Санитарные правила содержания территорий населенных мест : санитарно-эпидемиологические правила и нормативы : утверждены Главным государственным санитарным врачом СССР 05 августа 1988 г. № 4690-88 : дата введения 1988-08-05. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.12.2019). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф (ННГАСУ). – Текст : электронный.



BOYARKIN Denis Viktorovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry

THE DETERMINATION OF MUNICIPAL WASTE ACCUMULATION STANDARDS AS ONE OF THE ASPECTS OF THE WASTE TREATMENT REFORM IN RUSSIA

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

Key words: municipal waste, waste accumulation standards, waste management, waste collection.

The article considers issues related to the establishment of limits for accumulation of solid municipal waste as one of the aspects of the waste management reform currently underway in the Russian Federation. It analyzes legal basis for defining procedures of establishing limits of accumulation of municipal solid waste and problems arising in the course of performing this procedure revealed by reviewing practical example of Nizhny Novgorod region.

REFERENCES

1. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. O vnesenii izmeneniy v Federalny zakon «Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya» [Laws. About introducing changes to the Federal Law «About production and consumption waste»], otdelnye zakonodatelnye akty Rossiyskoy Federatsii i priznaniy utrativshimi silu otdelnykh zakonodatelnykh aktov (polozheniy zakonodatelnykh aktov) Rossiyskoy Federatsii: Federalny zakon ot 29 dekabrya 2014 № 458-FZ : prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 23 dekabrya 2014 goda : odobren Sovetom Federatsii 25 dekabrya 2014 goda : redaktsiya ot 03 aprelya 2018. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).

2. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya [Laws. About industrial and municipal wastes]: Federalny zakon ot 24.06.1998 № 89-FZ: prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 22 maya 1998 goda : odobren Sovetom Federatsii 10 iyunya 1998 goda : redaktsiya ot 27 dekabrya 2019. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).

3. Nizhegorodskaya oblast. Pravitelstvo. Ob utverzhdenii territorialnoy skhemy obrascheniya s otkhodami, v tom chisle s tvyordymi kommunalnymi otkhodami, na territorii Nizhegorodskoy oblasti [Nizhny Novgorod region. Government. On authorization of territorial plans for waste management, including municipal solid waste, on the territory of Nizhny Novgorod region]: Postanovlenie Pravitelstva Nizhegorodskoy oblasti ot 08.11.2016 № 752 : redaktsiya ot 01 sentyabrya 2017. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. Nizhegorodskaya oblast (NNGASU).

4. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. Ob opredelenii normativov nakopleniya tvyordykh kommunalnykh otkhodov [Government. On definition of standards for accumulation of solid municipal waste]: Postanovlenie Pravitelstva RF ot 04.04.2016 № 269: redaktsiya ot 15 sentyabrya 2018. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).

5. Rossiyskaya Federatsiya. Ministerstvo stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii (Minstroy RF). Ob utverzhdenii Metodicheskikh rekomendatsiy po voprosam, svyazannym s opredeleniem normativov nakopleniya tvyordykh kommunalnykh otkhodov [On authorization of methodical recommendations regarding definition of limits of stockpiling solid municipal waste]: Prikaz Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva RF ot 28.07.2016 № 524/pr. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).



6. Nizhegorodskaya oblast. Pravitelstvo. Ob utverzhenii normativov nakopleniya tvorydykh kommunalnykh otkhodov na territorii Nizhegorodskoy oblasti [Government. On authorization of limits of stockpiling solid municipal waste on the territory of Nizhny Novgorod region]: Postanovlenie Pravitelstva Nizhegorodskoy oblasti ot 26.12.2018 goda № 905. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. Nizhegorodskaya oblast (NNGASU).

7. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. O predostavlenii kommunalnykh uslug sobstvennikam i polzovatelyam pomescheniy v mnogokvartirnykh domakh i zhilykh domov [Government. On providing utilities to owners and users of premises in apartment buildings and houses]: Postanovlenie Pravitelstva RF ot 06.05.2011 № 354: redaktsiya ot 13 iyulya 2019. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).

8. Rossiyskaya Federatsiya. Gosudarstvennaya Duma Federalnogo Sobraniya RF. Ob informatsii Ministra prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii D. N. Kobylkina o realizatsii perspektivnykh napravleniy gosudarstvennoy politiki v oblasti ekologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii, a takzhe o perspektivakh obespecheniya ekologicheski bezopasnogo obrascheniya s otkhodami [State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation. On notification of Minister of natural resources and ecology of the Russian Federation D. N. Kobylkin about implementation of perspective directions of the state policy in the field of ecological development of the Russian Federation, and about prospects of ensuring environmentally safe waste handling]: Postanovlenie Gosudarstvennoy Dumy Federalnogo Sobraniya RF ot 21.03.2019 № 5888-7 GD. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).

9. Tipovye serii domov [Standard series of residential buildings] // Portal o nedvizhimosti «Metr Kvadratny». URL : http://www.kvmeter.ru/information/homes_series/ (data obrascheniya 25.12.2019).

10. SanPiN 42-128-4690-88. Sanitarnye pravila sodержaniya territoriy naselyonnykh mest [Sanitary rules of maintenance of territories of settlements]: sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy: utverzhdeny Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom SSSR 05 avgusta 1988 g. № 4690-88 : data vvedeniya 1988-08-05. URL: <http://www.consultant.ru> (data obrascheniya 25.12.2019). Rezhim dostupa : KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf (NNGASU).

© Д. В. Бояркин, 2020

Получено: 07.11.2019 г.

УДК 72.036 (470.341)

**А. Б. НИКИТИНА¹, архитектор; О. В. ОРЕЛЬСКАЯ², чл.-корр. РААСН,
д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования**

**ДЕКОР В СОВЕТСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ ПОСЛЕВОЕННЫХ ЛЕТ
В Г. ДЗЕРЖИНСКЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

¹ АО ИК «АСЭ»

Россия, 603006, г. Н. Новгород, пл. Свободы, д. 3. Тел.: +7 (831) 421-79-00;
эл. почта: niaer@ase-ec.ru

² 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: архитектура г. Дзержинска, декор, Нижегородская область.

Впервые дается краткий аналитический обзор архитектурного декора, характерного для архитектуры послевоенного десятилетия в г. Дзержинске, который в то время переживал эпоху своего расцвета в плане формирования целостной архитектурно-пространственной среды.

Молодой соцгород Дзержинск, возникший в 1929 году вблизи Нижнего Новгорода, участвовал в сложении горьковской агломерации, формировавшейся из окружавших его соцгородов и соцпоселков (соцгород «Автострой», соцпоселок Нижгрес, соцпоселок Правдинск, соцгород Дзержинск). Но особенно активно он рос и развивался в 1940-е–1950-е годы.

С позиций сегодняшнего дня, мы обращаем свой взгляд в историю архитектуры середины XX века, когда архитектура продолжила свои стилистические поиски в русле освоения классического наследия, которое вновь было востребовано с целью возвеличивания великого подвига победившего народа. Победа в Великой Отечественной войне – знаковое событие для русского народа. Радость и гордость переполняла людей того времени. Пафос победы в Великой Отечественной войне был отражен во всех сферах искусства: музыке, литературе, живописи, архитектуре. В архитектуре он существовал не так долго, но оставил после себя значительное количество жилых и общественных зданий, которые и сегодня во многом определяют облик ансамбля исторического центра города. Эпоха 40–50-х годов XX века в России отличалась особой творческой атмосферой в области градостроительства и архитектуры. Она во многом носила восстановительный характер. За годы Великой Отечественной войны в СССР треть всего населения осталась без крова, была разрушена промышленность, и пришло в упадок сельское хозяйство. Главной задачей послевоенных лет являлось интенсивное возрождение уничтоженного врагом. В эти годы зодчие всей страны активно занимались восстановлением и реконструкцией разрушенных городов.

Этот период сыграл важную градообразующую роль в истории г. Дзержинска, не находившегося в прифронтовой полосе (хотя его промышленные объекты пострадали от вражеских бомбардировок). В послевоенные годы город интенсивно застраивался. В 1952 году архитекторы Л. А. Салищев и А. Ф. Кусакин приступили к корректировкам действующего генерального плана, а в 1954 году правки вступили в силу и были утверждены Советом министров РСФСР [1]. Новый ге-



неральный план сохранил радиально-полукольцевую структуру, в чем сказалась преемственность с генпланом 1937 года, но с исключением некоторых территорий, непригодных к застройке в связи с карстовыми явлениями, характерными для городской территории. В архитектурно-планировочном решении преобладала парадная застройка вдоль основных магистралей, расходящихся лучами от центральной площади с памятником Ф. Э. Дзержинскому, имя которого носит город. Позднее, за создание целостного архитектурного ансамбля центральной части города главный архитектор г. Дзержинска Алексей Федорович Кусакин был удостоен Государственной премии СССР (1981 г.).

Стилистика послевоенных лет в архитектуре российских городов определялась пафосом Победы в Великой Отечественной войне. Была продолжена линия, возникшая в стране в конце 1930-х годов с обращением к освоению классического наследия, когда возросли требования к решению идейно-художественных задач в советской архитектуре. Архитекторы обратились к классической ордерной архитектуре. В этот период преобладало строительство жилых домов по индивидуальным проектам. Все большую роль стали играть декоративные детали, призванные украшать уличные фасады зданий: портики, фронтоны, профилированные карнизы, кронштейны, которые поддерживали карнизы и балконы, арки, колонны и полуколонны, пилястры, балясины, парапеты, лепнина. При этом особое внимание уделялось лепному декору в обрамлении наличников, простенков, тимпанов.

Ярким примером служит жилой дом с рестораном по пр. Дзержинского, 7 (арх. А. Ф. Кусакин, 1951 г.), (рис. 1 цв. вклейки), расположенный на пересечении пр. Дзержинского и пл. Дзержинского [2]. Предметный декор в виде ряда античных вазонов со стилизованными растениями концентрируется в простенках в лоджии, на центральном симметричном фасаде, обращенном на площадь. Перед лоджией расположены колонны. На фасаде со стороны проспекта в тимпане фронтона, обрамленного рядом иоников и зубчиков, расположен венок Славы, перевитый лентами. Шесть полуколонн пышного коринфского ордера подчеркивают ось симметрии. По оси симметрии уличного фасада расположена арка высотой в два этажа, над которой выполнен барельеф в виде пятиконечной звезды с рогами изобилия по бокам и растительным орнаментом. Над звездой находится гирлянда из цветов и фруктов. По оси проездной арки из плоскости стены выступает крупный замковый камень с акантовым листом. И в верхней части коринфских капителей и замкового камня присутствует характерный атрибут – пятиконечные звездочки. В нишах под окнами четвертого этажа имеется ряд балясин.

Жилые здания по своему убранству ничуть не уступали общественным. Примером могут служить дома, расположенные по пр. Ленина, 51 и 55 (арх. А. Ф. Кусакин, инж. Ю. Б. Чуринов, А. Каламин, 1953 г.), (рис. 2 цв. вклейки). Эти два дома стилистически и композиционно увязаны друг с другом. Они образуют курдонер для Химико-механического техникума [4]. Декор сосредоточен в угловых ризалитах, увенчанных треугольными фронтонами, а также своего рода ризалитах, членящих протяженные фасады в виде «декоративных пятен». В них на первых этажах имеются арочные входы, обрамленные архивольтами с замковыми веерными камнями. Пилястры, обрамляющие ризалиты, завершаются плавно изогнутыми барельефами, напоминающими обелиски. Первые два этажа домов рустованные. Это воспринимается своеобразным постаментом для пилястр с капителями с цветочным орнаментом в виде ряда розеток. Окна третьего этажа между пилястрами дополнены треугольными сандриками. Под окнами третьего этажа располагаются барельефы с изящными вазами, разделенными вертикальными

**К СТАТЬЕ А. Б. НИКИТИНОЙ, О. В. ОРЕЛЬСКОЙ
«ДЕКОР В СОВЕТСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ ПОСЛЕВОЕННЫХ ЛЕТ
В Г. ДЗЕРЖИНСКЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ»**



Рис. 1. Жилой дом с рестораном, пр. Дзержинского, 7, арх. А. Ф. Кусакин, 1951 г.

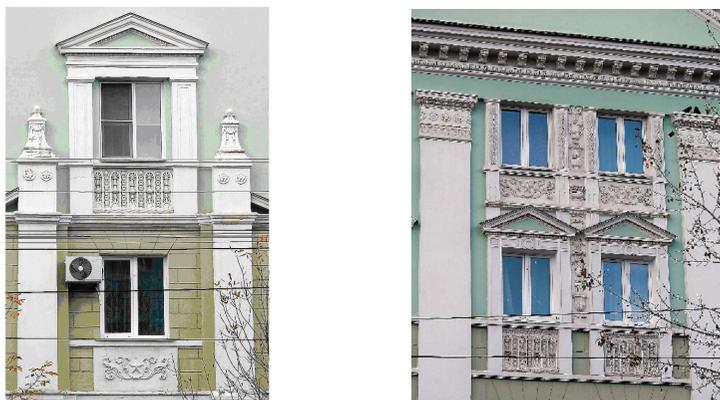


Рис. 2. Жилые дома, пр. Ленина, 51, 55, арх. А. Ф. Кусакин, инж. Ю. Б. Чурин, 1950-е гг.



Рис. 3. Жилой дом, пр. Ленина, 73, арх. В. А. Орельский, 1949 г.



Рис. 4. Жилой дом, пр. Ленина, 49, арх. А. Ф. Кусакин, 1950-е гг.



Рис. 5. Жилой дом, пр. Дзержинского, 5, арх. не установлен, 1950-е гг.



Рис. 6. ЦУМ (ныне Торгово-промышленная палата) с жилым домом, пл. Дзержинского, 3, арх. А. Ф. Кусакин, М. П. Рождественский, 1951 г.



Рис. 7. Главпочтамт, пл. Дзержинского, 4, арх. А. Ф. Кусакин, 1952 г.



цепочками растительного орнамента, как и в простенках между окнами третьего и четвертого этажей. Под окнами четвертого – растительный узор, обрамляющий пятиконечные звезды. Боковые части наличников окон четвертого этажа украшают лавровые ветви.

Более строгий декор в виде пилястр, уменьшающихся по вертикали, располагается по оси симметрии фасада жилого дома на пр. Ленина, 73 (арх. В. А. Орельский, 1949 г.), (рис. 3 цв. вклейки). Акцент приходится на силуэт здания, подчеркнутый активным, высоким аттиком над профилированным карнизом, завершенным треугольным фронтоном, поддерживаемым двойными пилястрами с двух сторон от центрального чердачного окна. Атик имеет барочный силуэт в виде плавно изогнутых линий, закрученных в валюты с двух сторон от пилястрового портика. Окна верхнего этажа подчеркнуты прямыми сандриками.

Декор жилого дома на пр. Ленина, 49 (арх. А. Ф. Кусакин, 1950-е гг.), (рис. 4 цв. вклейки) характеризуется плоскими «портиками», поднятыми под фронтон фасада. Они объединяют окна верхних этажей полуциркулярной нишей с архивольтом и замковым камнем. Каннелированные плоские пилястры «портика» завершаются с авторским рисунком капителями, которые «поддерживают» фриз, состоящий из ряда пальметт и пятиконечных звезд над ними. Выше расположен треугольный фронтон с модульонами. Над окном третьего этажа имеется прямой сандрик, а под окном – ряд балясин. «Портик» опирается на профилированный пояс, который членит фасад здания.

Характерным примером жилой архитектуры послевоенных лет может служить угловой дом, расположенный на пересечении пр. Дзержинского, 5 и пер. Жуковского [3], (рис. 5 цв. вклейки). Здесь над окнами третьего этажа располагаются круглые розетки с лепными цветками, а по периметру всего фасада в простенках между окнами равномерно распределены пилястры. Капители пилястр имеют авторский рисунок, который включает и пятиконечные звезды.

Дома послевоенного десятилетия характеризовались тем, что в них расположены просторные полногабаритные квартиры с большими комнатами, высокими потолками, широким балконом, иногда даже с двумя отдельными санузлами, кухней до 15 квадратных метров [5]. На лестничной площадке обычно расположены три двухкомнатные и одна трехкомнатная квартиры или две четырехкомнатные квартиры. Обычная площадь квартир в «сталинских» домах – от 50 до 110 квадратных метров. В жилых домах этого периода обязательно предусматривались центральное отопление (хотя имело место и печное отопление), холодное и горячее централизованное водоснабжение, отдельная от туалета ванная комната при этажности выше 5 этажей [6].

В конце 1940-х – начале 1950-х годов в г. Дзержинске так же, как и по всей стране, архитекторы обратились к советской неоклассике и советскому («сталинскому») ампиру [7]. Эта стилистика позволяла запечатлеть Победу в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. Характерными атрибутами символического декора были: венки Славы, факелы, рог изобилия, пятиконечные звезды – символ советской армии. Фасады общественных зданий так же, как и жилые, украшали портики, колоннады, аркады, балюстрады и перечисленные выше декоративные элементы. Декоративное убранство придавало зданиям торжественный и помпезный вид.

Примером архитектурного оформления общественных зданий является здание торгово-промышленной палаты на пл. Дзержинского (бывшее здание ЦУМ), (арх. А. Ф. Кусакин, М. П. Рождественский, 1951 г.), (рис. 6 цв. вклейки). Декор концентрируется не только на главном фасаде, но и на фасадах, формирующих



улицы, расходящиеся веером от центральной площади. Над окнами второго этажа находятся барельефы в виде стилизованных растений. Четыре пилястры подчеркивают ось симметрии и аттик над центральной частью главного фасада. Углы здания оформлены крупным рустом. Капители пилястр на всех фасадах оформлены пальметтами. Общественная часть здания отделена от жилых корпусов гигантскими арками.

Еще один образец общественной архитектуры того времени с пышным убранством расположен по соседству. На площади Дзержинского здание главпочтамта (арх. А. Ф. Кусакин, 1952 г.), (рис .7 цв. вклейки) занимает центральное положение [8]. Декор сконцентрирован на главном фасаде здания, обращенном к площади. Симметричность фасада с главным входом подчеркивают восемь полуколонн с коринфским орденом. Шесть из них – граненые. Над окнами третьего этажа имеются круглые розетки с лепными 8-лепестковыми цветками. Остальные фасады оформлены плоскими пилястрами, идущими на всю высоту здания.

Шестиколонные портики, например, украшали фасады театра в ЦПКиО, жилого дома с рестораном на пл. Дзержинского, 8-колонные портики – фасады здания ДК химиков, кинотеатр «Родина» и др. здания.

Необходимо отметить, что жилые и общественные здания рассматриваемого периода отличались единством градостроительного масштаба, единством стилистического решения и художественно-образного начала в архитектуре, что позволило им создать единую парадную застройку при формировании улиц и площадей, а также всей центральной части города. Все они составили целостный сгармонизированный ансамбль центра города. Широко применялись портики с колоннами коринфского или ионического ордера, треугольные фронтоны, карнизы с кронштейнами и акантовыми листьями, лепниной в виде растительных орнаментов и барельефов. Архитектурный декор зданий в г. Дзержинске имел свои отличительные особенности, что было связано с творческим индивидуальным подходом местных зодчих. Как справедливо отмечал академик архитектуры С. О. Хан-Магомедов: «По художественному уровню неоклассика первой половины XX в. явно превосходит эклектику второй половины XIX в., а лучшие проекты неоклассики «сталинского ампира» приближаются к уровню русского классицизма XVIII–XIX вв. и даже итальянского Ренессанса (проекты Жолтовского и Гольца). Причем это не просто «цитатная» неоклассика, а неоклассика, генерирующая новые творческие идеи, «живая классика», как ее называли в первые десятилетия XX в.» [9].

Тема исследования архитектуры 1940–1950-х годов остается актуальной, т. к. до сих пор не изучена архитектура за пределами столиц, многих российских регионов и городов, не известны имена местных зодчих, профессионалов, чьим талантом создавалась их архитектурная среда. Феномен советской архитектуры рассматриваемого времени можно считать закономерным процессом обращения к традиционной художественной линии развития архитектуры XX века, устанавливающей в определенном смысле преемственные связи с ретроспективизмом начала XX столетия. Региональные стилистические поиски архитекторов, безусловно, находились в общем русле развития советской архитектуры, но отличались своей спецификой. Особое внимание архитекторы уделяли неоклассическим деталям, интерпретируя их в индивидуальном ключе. По сравнению с архитектурой ближайшего к г. Дзержинску Нижнего Новгорода [10] здесь порой отмечается более пышное декорирование фасадов зданий, формирующих центр бывшего соцгорода.

Архитектура Дзержинска характеризуется обращением к синтезу искусств (архитектуры, скульптуры и живописи), что находит наиболее яркое отражение в тематических мозаичных панно, украшающих интерьеры наиболее значимых



общественных зданий (например, ДК химиков). Монументальный стиль при этом был рожден духом эпохи, стилем «Победы» и проявлялся в «дворцовости» архитектуры. Акценты зачастую смещались в сторону помпезности и чрезмерной декоративности, что впоследствии стало осуждаться как «украшательство». В начале XXI в. многие из жилых и общественных зданий г. Дзержинска приобрели статус объектов культурного наследия. Если в Москве такими памятниками становились высотные здания, формировавшие силуэт центра столицы, то в других городах страны высотные здания не строились, здесь возникали более камерные ансамбли, объединенные одним масштабом, пропорциями, декором, одной классицистической стилистикой, придающей ощущение устойчивой стабильности и неизблемости, парадности и оптимистической эмоциональности. Повышенное внимание к пластической выразительности фасадов зданий с помощью ордерных систем и скульптурных, рельефных орнаментов в результате приводило к архитектурно-художественному своеобразию, к формированию своего рода визитной карточки своего времени. Во всех городах России архитектура этого периода отличается прежде всего индивидуальным декором. Насыщенная вариативными ордерными композициями, различными декоративными элементами (символьного, предметного, растительного декора), орнаментальной пластикой фасадов архитектурная среда послевоенного десятилетия центральной части г. Дзержинска обладает своим неповторимым обликом и выгодно отличается от лапидарных объемов зданий и сооружений последующего времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шальнов, С. М. Дзержинск – наш дом / С. М. Шальнов. – Нижний Новгород : Литера, 1999. – 160 с. : ил. – Текст : непосредственный.
2. Сафронов, В. М. Дзержинский ресторан «Ока». Обаяние прошлого / В. М. Сафронов. – Текст : непосредственный // Светский. – Дзержинск, Нижегородской области. – 2016. – Вып. 084 (март). – С. 52–55.
3. Фельдштейн, И. Б. Краеведческий музей. Проспект Дзержинского, 8/5 / И. Б. Фельдштейн. – Текст : непосредственный // Дзержинец. – 2003. – 15 июля. – С. 2. – (Дома нашей памяти).
4. Кусакин, А. Ф. Строительство города Дзержинска / А. Ф. Кусакин. – Дзержинск : Дзержинский исполком горсовета, 1957. – 22 с. – Текст : непосредственный.
5. Многофункциональный центр предоставления государственных и муниципальных услуг и городской архив города Дзержинска (МБУ МФЦ и ГА). Фонд 187. Опись 1. Дело 133.
6. Многофункциональный центр предоставления государственных и муниципальных услуг и городской архив города Дзержинска (МБУ МФЦ и ГА). Фонд 187. Опись 1. Дело 339. – Текст : непосредственный.
7. Многофункциональный центр предоставления государственных и муниципальных услуг и городской архив города Дзержинска (МБУ МФЦ и ГА). Фонд 187. Опись 1. Дело 189. – Текст : непосредственный.
8. Фельдштейн, И. Б. Главный почтамт. Площадь Дзержинского / И. Б. Фельдштейн. – Текст : непосредственный // Дзержинец. – 2003. – 21 мая. – С. 2. – (Дома нашей памяти). – Текст : непосредственный.
9. Хан-Магомедов, С. О. «Сталинский ампир»: проблемы, течения, мастера / С. О. Хан-Магомедов. – Текст : непосредственный // Архитектура сталинской эпохи: Опыт исторического осмысления. – Москва, 2010. – С. 24. – Текст : непосредственный.
10. Худин, А. А. Архитектурный декор в произведениях послевоенных лет в Нижнем Новгороде / А. А. Худин. – Текст : непосредственный // Великие реки – 2015 : труды Международного научно-промышленного форума / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2016. – Том 3. – С. 121–124. – Текст : непосредственный.



NIKITINA Anastasia Borisovna¹, architect; ORELSKAYA Olga Vladimirovna², corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design

**DECOR IN THE SOVIET ARCHITECTURE OF POST-WAR YEARS
IN DZERZHINSK OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION**

¹JSC ASE EC

3, Svobody Sq., Nizhny Novgorod, 603006, Russia. Tel.: +7 (831) 421-79-00;

e-mail: niaep@ase-ec.ru

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;

e-mail: arch@nngasu.ru

Key words: Dzerzhinsk architecture, decor, Nizhny Novgorod region.

This article is the first to give a brief analytical overview of the architectural decor typical for the architecture of the post-war decade in Dzerzhinsk, which at that time was experiencing its heyday, in terms of the formation of a holistic architectural and spatial environment.

REFERENCES

1. Shalnov S. M. Dzerzhinsk – nash dom [Dzerzhinsk is our home], Nizhny Novgorod; Litera, 1999, 160 p.: il.
2. Safronov V. M. Dzerzhinskiy restoran «Oka». Obayanie proshlogo [Dzerzhinsky restaurant "Oka". The charm of the past] // Svetskiy, Dzerzhinsk, Nizhegorodskoy obl.: 2016. Vyp. 084 (mart). P. 52–55.
3. Feldshteyn I. B. Kraevedcheskiy muzey. Prospekt Dzerzhinskogo, 8/5 [Museum of Local Lore. Dzerzhinsky Avenue, 8/5], Dzerzhinets. 2003. 15 iyulya. P. 2. – (Doma nashey pamyati).
4. Kusakin A. F. Stroitelstvo goroda Dzerzhinska [Construction of the city of Dzerzhinsk], Dzerzhinsk: Dzerzh. ispolkom gorsoveta, 1957, 22 p.
5. Mnogofunktionalny tsentr predostavleniya gosudarstvennykh i munitsipalnykh uslug i gorodskoy arkhiv goroda Dzerzhinska [Multifunctional centre of state and municipal services and city archive of Dzerzhinsk]. F. 187. Op. 1. D. 133.
6. Mnogofunktionalny tsentr predostavleniya gosudarstvennykh i munitsipalnykh uslug i gorodskoy arkhiv goroda Dzerzhinska [Multifunctional centre of state and municipal services and city archive of Dzerzhinsk]. F. 187. Op. 1. D. 339.
7. Mnogofunktionalny tsentr predostavleniya gosudarstvennykh i munitsipalnykh uslug i gorodskoy arkhiv goroda Dzerzhinska [Multifunctional centre of state and municipal services and city archive of Dzerzhinsk]. F. 187. Op. 1. D. 189.
8. Feldshteyn I. B. Glavny pochtamt. Ploschad Dzerzhinskogo [Main Post Office. Dzerzhinsky Square], Dzerzhinets. – 2003. – 21 maya. – P. 2. – (Doma nashey pamyati).
9. Khan-Magomedov S. O. Stalinskiy ampir: problemy, techeniya, mastera. [Stalin Empire: problems, trends, masters] Arkhitektura stalinskoy epokhi: Opyt istoricheskogo osmysleniya [Architecture of the Stalin epoch: Experience of historic understanding]. Moscow, 2010. – P. 24.
10. Khudin A. A. Arkhitekturny dekor v proizvedeniyakh poslevoennykh let v Nizhnem Novgorode [Architectural decor in post-war buildings in Nizhny Novgorod], Velikie reki – 2015: trudy Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma [Great Rivers-2015: Proceedings of the International scientific and industrial forum]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2016. Vol. 3. P. 121–124.

© А. Б. Никитина, О. В. Орельская, 2020

Получено: 26.10.2019 г.



УДК 728.83 (470.341-25)

С. М. ШУМИЛКИН, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой истории архитектуры и основ архитектурного проектирования; **М. С. ШУМИЛКИН**, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования

ЭТАПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ УСАДЬБЫ П. И. МЕЛЬНИКОВА-ПЕЧЕРСКОГО В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;
эл. почта: ist_arh@nngasu.ru

Ключевые слова: усадьба, реконструкция, эклектика, Нижний Новгород.

Выявляются и анализируются этапы реконструкции усадьбы классицизма в течение второй половины XIX – XX столетий. Усадьба связана с детскими годами выдающегося писателя П. И. Мельникова-Печерского. Дается предложение о создании мемориального музея.

В 2018 г. отмечалось 200-летие со дня рождения выдающегося писателя, историка и основоположника нижегородского краеведения П. И. Мельникова-Печерского (1818–1883). Как известно, П. И. Мельников родился в Нижнем Новгороде, но особенно важно то, что дом, где он родился, сохранился до настоящего времени [1]. Этот дом, где проживали его родители, ранее входил в состав усадьбы, с 1803 г. принадлежавшей деду писателя П. П. Сергееву [2]. Усадьба Сергеева располагалась в месте пересечения Мартыновской (ныне Семашко) и Тихоновской (ныне Ульянова) улиц (современный адрес – ул. Ульянова № 42/16) и имела размеры в плане около 50×80 м (рис. 1).

Дом является ценным памятником общероссийской истории и архитектуры, с 1960 г. состоит на государственной охране как объект культурного наследия федерального значения. В то же время и сама усадьба представляет собой интересный архитектурный комплекс, которая формировалась и изменялась на протяжении всего XIX в. и выступала важной составной частью района Большой Печерской улицы.

Дом был построен в период формирования застройки уличной сети Нижнего Новгорода в конце XVIII в. и входил в планировочную структуру городских усадеб в связи с преобразованием города по регулярному плану. Границы усадьбы с двумя постройками обозначены на плане города 1799 г. Однако контур плана угловой постройки не соответствует плану 1824 г., т. е. здание было перестроено. Судя по проекту планировки города 1824 г., на котором зафиксирована усадьба, кроме главного дома, занимавшего угловое положение на участке, входили два хозяйственных строения, определявшие границы небольшого внутреннего двора. Большая часть территории по сравнению с планом 1799 г. отводилась под сад. Исторических графических материалов по главному дому усадьбы сохранилось крайне мало.

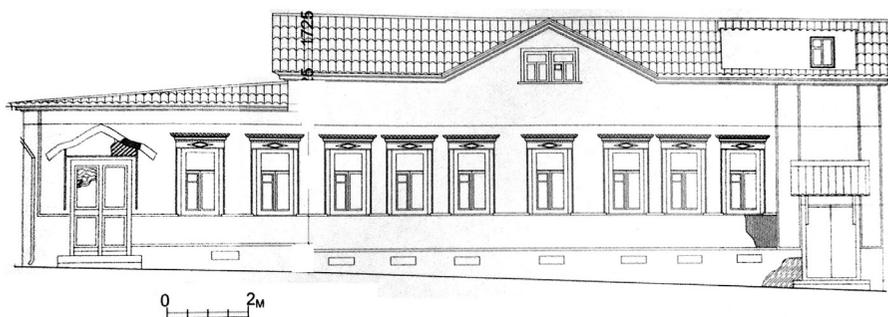


Рис. 1. Фасад дома по ул. Семашко. Обмер

В истории возведения и последующей реконструкции дома автором выявлены три архитектурно-строительных этапа. Первый этап относится к сохранению первоначального классицистического архитектурного вида дома и включению его в крупную городскую усадьбу первой половины XIX в. Второй этап – вторая половина XIX – начало XX вв. – характеризуется расширением и реконструкцией фасадов дома в новом архитектурном стиле – эклектики, а также уменьшением общей территории усадьбы. Третий этап охватывает период с 1918 г. до настоящего времени, период перестроек дома с учетом поквартирного заселения и, как следствие этого, искажение внешнего архитектурного облика и интерьеров.

Единственным сохранившимся чертежом является проект перестройки дома, который относится к 1852 г. [3, с. 62]. По плану первого этажа дома видны первоначальная постройка и вновь проектируемые окружающие ее с трех сторон помещения. Первоначально дом имел прямоугольные очертания в плане, это подтверждает съемка участка из плана Нижнего Новгорода 1853 г. (рис. 2). Центральная часть проектного плана дома показывает, каким была планировка дома во время пребывания в нем в детские годы П. И. Мельникова (1818–1822). Дом имел типичное для того времени и характерное для архитектурного стиля классицизма планировочное построение, в котором четко читаются две зоны: первая – парадная, включает три комнаты, расположенные вдоль главного фасада по типу анфилады, и хозяйственная – со стороны двора, главным помещением которой была кухня. Планировка анфилады имела симметричное построение, в центре находился главный зал размером в плане 4,5×6,5 м с двумя угловыми печами и тремя окнами по фасаду. Боковые комнаты анфилады были более узкими и имели по два окна. Главный вход в дом традиционно располагался со двора на боковом фасаде и был отмечен небольшим объемом крыльца. На дворовом фасаде, рядом с кухней, располагался второй хозяйственный вход (рис. 3). Подобную схему планировки сохранил деревянный дом М. Лавровского на ул. Ульянова, 8 [4]. По-видимому, парадная и хозяйственная зоны также отличались высотой помещений, комнаты анфилады были выше, а над пониженной частью второй зоны был устроен мезонин.



Рис. 2. Генеральный план усадьбы. Фрагмент плана Нижнего Новгорода 1853 г.: 1 – главный дом; 2 – флигеля; 3 – хозяйственные строения; 4 – сад

Но в отличие от запроектированного фасада 1852 г., первоначально главный фасад по ул. Семашко имел иное построение, типичное для образцовых проектов начала XIX в., а именно: строго симметричный фасад включал семь одинаковых прямоугольных окон, архитектурным декором которых являлись простые рамочного типа наличники на фоне плоской сплошной обшивки стен. Общая симметричная композиция фасада была усилена фронтоном мезонина с полуциркульным окном. Наиболее близким аналогом подобного построения архитектурного декора фасада из сохранившихся более поздних нижегородских построек можно назвать «Домик М. А. Балакирева» (1841) на ул. Провиантской, 5. Таким образом, дом, связанный с первыми детскими годами П. И. Мельникова, являлся типичной деревянной жилой постройкой, возведенной на основе образцовых проектов [4]. Вполне вероятно, что автором дома был нижегородский губернский архитектор И. И. Межецкий. В 1830-е гг. на территории усадьбы по красным линиям улиц возводятся два новых флигеля.

С утверждения проекта на «изменение деревянного дома», перешедшего во владение А. В. Виноградова в 1852 г., начинается второй этап строительства дома, связанного с многократным изменением владельцев дома и приспособлением его к новым требованиям [3]. Архитектурно-планировочные перемены выразились в существенном увеличении площади первого этажа дома за счет пристройки новых помещений.

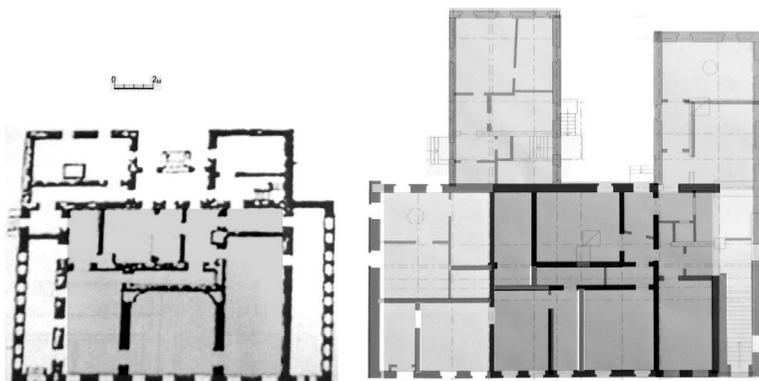


Рис. 3. Планы первого этажа дома по чертежу 1852 г. (слева) и обмерам 1870 г. (справа): тоном выделена историческая часть дома, соответствующая времени П. И. Мельникова



По проекту нижегородского архитекторского помощника Н. А. Фрелиха с двух торцевых сторон дома пристраиваются одинаковые остекленные галереи, что позволило сохранить общую симметричную композицию фасада. Однако галерея с левой стороны дома представляет собой новый прием в организации входов в здание непосредственно с улицы в отличие от традиционного размещения со стороны двора (рис. 3). При этом старый вход по-прежнему сохраняется, т. к. помещение передней остается на том же месте. Важно отметить, что пристраиваемые галереи имели меньшую высоту до карниза, чем основное здание, и тем самым доминирующая роль в композиции главного фасада дома сохранялась за исторической частью. Однако галерея-веранда по Тихоновской улице была осуществлена с некоторыми корректировками. Как показывает фотография А. В. Нассонова, при сохранении общей длины галереи вместо пяти больших арочных окон было сделано только три за счет увеличения простенков [3, с. 63].

Наиболее значительные изменения фасадов связаны с новым архитектурным стилем – эклектикой, активно внедрявшейся в архитектуру зданий в этот период. Изменилась архитектурная отделка фасадов: вместо простых наличников окон Н. А. Фрелих выполняет их более сложными по профилю и завершениям, используя сочетание треугольных, лучковых и волнитообразных сандриков. Усложнению пластики фасада способствуют и профильные подоконные ниши. Однако общая симметричная схема фасада не нарушается. Подобная измельченная пластика характеризует и декор остекленных галерей, включающих пилястры между широких арочных окон, подоконные орнаменты в нишах и парапетные стенки. Увеличение объема и площади дома отразилось в пристройке со стороны двора двух помещений и организации нового входа с холлом.

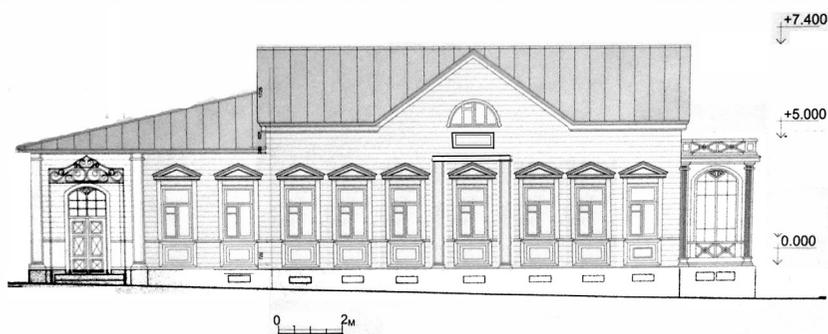


Рис. 4. Фасад дома по ул. Семашко, 1870-е гг. Реконструкция С. М. Шумилкина

Последующие владельцы дома расширяли его как со стороны ул. Мартыновской, так и Тихоновской, что наглядно показывает фиксационный план этажа из Бюро технической инвентаризации (БТИ) города 1970 г. Особенно явно это заметно по ул. Мартыновской, где на месте старой галереи-входа было устроено несколько комнат и организован новый вход с просторной передней в два окна по главному фасаду (рис. 3). С новыми пристройками длина главного фасада достигала 25 м. Также были увеличены размеры дворовых пристроек, причем по ул. Тихоновской пристройка была выведена на красную линию улицы и стала продолжением старой галереи-веранды. Расширение дома было связано и с изменением архитектурного облика фасадов. Многочисленные и разные по рисунку наличников окна получили единообразные наличники с треугольными сандрика-



ми (рис. 4). Т. е. при сохранении общих габаритов исторической части дома произошла очередная вторая замена архитектурного декора (1852), исключение составило арочное окно мезонина. Такое состояние дома в 1870–1880-е гг. отмечает фотография А. В. Нассонова. В это время изменения коснулись и общего построения усадьбы: по плану города 1882 г., выполненному А. Плотниковым, отмечено разделение усадьбы по ул. Тихоновской на два равных домовладения.

В конце XIX – начале XX вв. перестройка дома и усадьбы была продолжена. Серьезные преобразования связаны с переделкой угловой галереи и устройством на этом месте самостоятельного входа на второй этаж-мезонин с одномаршевой лестницей, а также с общим изменением декора фасадов [2, с. 10]. Это выразилось в надстройке всего углового объема до конька крыши основного дома и изменении торцевого фасада по Тихоновской улице. На месте остекленной галереи были устроены большие четыре окна (для симметрии фасада одно окно было ложным) и три меньших по размеру окна во фронтоне мезонина. Значительно преобразилась и архитектурная пластика фасадов. Во-первых, на смену тесовой первоначальной обшивки как по уличным, так и по дворовым фасадам была выполнена обшивка из профильной доски. Во-вторых, по периметру стен были установлены новые наличники окон с прямоугольными ступенчатого профиля сандриками и накладной резьбой (сохранились до настоящего времени) (рис. 1). Кроме того, два входа по ул. Мартыновской получили сильно выступающие кованые навесы-козырьки с ажурными кронштейнами, и арочное окно в мезонине заменили двумя небольшими сдвоенными прямоугольными окнами.

Таким образом, историческая часть дома к началу XX в. сохранилась в своем первоначальном объеме, но получила новые разновеликие пристройки и иной архитектурный декор, характерный для стиля эклектики. Перемены коснулись и построения усадьбы в целом. Часть бывшей усадьбы по ул. Мартыновской была разделена на два небольших домовладения. Таким образом, к началу XX в. на месте исторической усадьбы первой половины XIX в. образовались три домовладения. На фасаде здания в 1910 г. устанавливается мемориальная доска П. И. Мельникову [5, с. 559].

Третий этап начинается с национализации дома в 1918 г. и характеризуется крупными ремонтными работами, связанными в первую очередь с новым квартирным заселением и значительно искажившими архитектурный облик дома. По плану БТИ 1970 г. в доме на первом этаже размещались шесть квартир, в мезонине – две, причем каждая квартира имела свой вход. Данная ситуация сохраняется до настоящего времени (рис. 3). В 1930-х гг. был произведен капитальный ремонт здания, в результате которого заменили перекрытие, и был утрачен лепной декор интерьеров. В отдельных больших по площади комнатах выполнена установка новых перегородок и стен. Тогда же заменяется деревянная конструкция торцевой стены с лестничным блоком на каменные стены; на крыше появляются дополнительные жилые помещения-надстройки, искажающие объем дома; над входом исчезает кованый козырек (рис. 1). При ремонте в 1980-е гг. на уличных фасадах была заменена обшивка профилированными досками на гипсоцементные листы, которые внесли значительный диссонанс в облик дома. В результате всех преобразований здание приобретает современную архитектурно-планировочную структуру, в которой историческое здание первой четверти XIX в. сохранилось в существенно искаженном облике.



Рис. 5. Вид на здания усадьбы по ул. Семашко с приспособлением под мемориальный музей П. И. Мельникова-Печерского. Перспектива. Учебная работа

На кафедре истории архитектуры и основ архитектурного проектирования в 2017–2019 гг. были выполнены выпускные квалификационные работы, посвященные реставрации дома и приспособлением его под мемориальный музей П. И. Мельникова-Печерского (рис. 5). В исторической части дома предполагается частичное воссоздание первоначальной планировки. Важной частью дипломной работы стало также включение в музей соседнего исторического дома (ул. Семашко, 14) как элемента планировки (флигеля) прежней усадьбы середины XIX в. Главной задачей работ являлось приспособление двух исторически ценных зданий под современное использование с предложением по организации комплекса исторического музея. Музей предполагает узконаправленную тематику, посвященную нижегородскому дворянству и личности самого писателя. Новый встраиваемый объем располагается на уровне первого этажа основных зданий и также занимает подземное пространство, что позволит придать музею более широкую общественную функцию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Липовецкий, А. С. Дом, где родился П. И. Мельников (Андрей Печерский) / А. С. Липовецкий. – Текст : непосредственный // Материалы Свода памятников истории и культуры РСФСР. Горьковская область. – Москва, 1985. – С. 94–95.
2. Гоголев, Р. А. Мельников и Печерский: реальность и мифы / Р. А. Гоголев – Нижний Новгород : Деком, 2018. – 140 с. – ISBN: 978-5-89533-401-0. – Текст : непосредственный.
3. Давыдов, А. И. Исследования по истории архитектуры и нижегородскому краеведению / А. И. Давыдов – Нижний Новгород, 2016. – 224 с. – ISBN 978-5-9908611-0-7. – Текст : непосредственный.
4. Шумилкин, С. М. Архитектурно-пространственное формирование Нижнего Новгорода XIII – начала XX вв. / С. М. Шумилкин, А. С. Шумилкин – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2010. – 213 с. – ISBN 978-5-87941-706-7. – Текст : непосредственный.
5. Нижний Новгород : иллюстрированный каталог памятников истории и культуры федерального значения. Книга 2 / Правительство Нижегородской области, Управление государственной охраны объектов культурного наследия Нижегородской области ; отв. ред. А. Л. Гельфонд. – Нижний Новгород : Кварц, 2018. – 640 с. : ил. – (Объекты культурного наследия Нижегородской области). – ISBN 978-5-906698-77-3. – Текст : непосредственный.



SHUMILKIN Sergey Mikhaylovich, doctor of architecture, professor, holder of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design; SHUMILKIN Mikhail Sergeevich, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design

STAGES OF RECONSTRUCTION OF P. I. MELNIKOV-PECHERSKY ESTATE IN NIZHNY NOVGOROD

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;
e-mail: ist_arh@nngasu.ru
Key words: country estate, eclecticism, reconstruction, Nizhny Novgorod.

The article identifies and analyzes the stages of reconstruction of the estate of classicism during the second half of the XIX-XX centuries. The estate is associated with the years of childhood of outstanding writer P. I. Melnikov-Pechersky. A proposal to create a memorial museum is given.

REFERENCES

1. Lipovetsky A. S. Dom gde rodilsya P. I. Melnikov (Andrey Pechersky) [The house where P. I. Melnikov (Andrey Pechersky) was born] // Materialy Svoda pamyatnikov istorii i kultury RSFSR. Gorkovskaya oblast [Materials of the Code of monuments of history and culture of the RSFSR. Gorky region]. – Moscow, 1985. P. 94–95.
2. Gogolev R. A. Melnikov i Pechersky: realnost i mify [Melnikov and Pechersky: realness and myths] – Nizhny Novgorod: Dekom, 2018, 140 p. – ISBN: 978-5-89533-401-0.
3. Davydov A. I. Issledovaniya po istorii arkhitektury i nizhegorodskomu kraevedeniyu [Research on the history of architecture and Nizhny Novgorod regional studies] – Nizhny Novgorod. 2016, 224 p. – ISBN 978-5-9908611-0-7.
4. Shumilkin S. M., Shumilkin A. S. Prostranstvennoe formirovanie Nizhnego Novgoroda XIII – nachala XX vekov [Architectural and spatial formation of Nizhny Novgorod of the 13th – early 20th centuries]. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2010, 213 p. – ISBN 978-5-87941-706-7.
5. Nizhny Novgorod. Illyustrirovanny katalog obektov kulturnogo naslediya federalnogo znacheniya. Kn. 2 [Nizhny Novgorod. Illustrated catalogue of Federal cultural heritage] / Pravitelstvo Nizhegorodskoy oblasti, Upravlenie gosudarstvennoy okhrany obektov kulturnogo naslediya Nizhegorodskoy oblasti ; otv. red. A. L. Gelfond. – Nizhny Novgorod: Kvarts, 2018, 640 p. : il. – (Obekty kulturnogo naslediya Nizhegorodskoy oblasti). – ISBN 978-5-906698-77-3.

© С. М. Шумилкин, М. С. Шумилкин, 2020

Получено: 07.12.2019 г.



УДК 728.03 (470.40)

Д. В. ЕЩИН, аспирант кафедры градостроительства

АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФАСАДА ДЕРЕВЯННЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ КОНЦА XIX – НАЧАЛА XX ВВ.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, д. 28. Тел.: (841) 248-74-75;
эл. почта: dmi.eshchin@gmail.com

Ключевые слова: деревянное зодчество, архитектурно-художественные элементы фасада, деревянная домовая резьба, наличник, фронтон, резной декор, семантика, орнамент.

Рассматриваются элементы декора фасада деревянного жилого дома России. Представлен методический поиск архитектурно-художественных особенностей фасадов. Графически отражены научные исследования на примере г. Пензы.

Деревянное зодчество России разнообразно и богато по архитектурному декору фасадов. Переплетения узоров и символов архитектурных элементов деревянных жилых домов привлекают внимание, отражая традиции разных регионов нашей страны. Формы, мотивы, приемы архитектурной деревянной резьбы в районах и областях России, получив распространение во второй половине XIX века, отличались своим своеобразием. Именно поэтому искусство резьбы по дереву представляет собой многогранный пласт культуры народов России, который требует всестороннего изучения. Тем не менее особенности этого искусства в регионах остаются малоизученными.

Архитектурно-художественные особенности деревянной резьбы городской жилой архитектуры Пензы являются неотъемлемой частью культуры России. Но, если «деревянное кружево» ряда городов (Самара, Саратов, Н. Новгород, Томск, Казань и др.) достаточно хорошо изучено, то деревянное зодчество Пензы не подвергалось всестороннему исследованию и научному анализу.

Целью данной публикации стало отражение поиска архитектурно-художественных особенностей фасадов деревянных жилых домов г. Пензы конца XIX – начала XX вв.: наличника, фронтона, плоскости стены, входной группы (рис. 1 цв. вклейки). Методика исследования была основана на выявлении, систематизации, изучении научных изданий, а также системно-графического анализа архивных материалов и электронных ресурсов, натурной фотофиксации. Научная новизна работы прослеживается в выявлении методики комплексного исследования архитектурного декора элементов фасада и апробировании ее на примере деревянной жилой застройки Пензы конца XIX – начала XX вв.

Народное зодчество и искусство домовая резьбы положили начало «феномену фасада» деревянной жилой архитектуры. Краеведы и ученые архитекторы не раз обращали внимание на индивидуальность фасада в деревянном зодчестве, исследуя каждый из его составляющих элементов: 1) фронтон, который складывается из тимпана, причелин, слухового окна, карниза; 2) плоскость стены: фриз, наличники, пилястры; 3) входную группу: навес, кронштейны, дверь [1–4].

На основе осмысления, систематизации и анализа научных исследований особенностей декора городов Поволжья и Сибири авторов: Л. В. Чуйко (Омск, Тара, 2000), Е. М. Козловой-Афанасьевой (Тюмень, 2004), И. В. Куликовой (Томск,



2006), Д. В. Карелина (Тобольск, Томск, Барнаул, Бийск, Камень-на-Оби, 2006), А. С. Кокшарова (Кострома, 2007), И. Л. Эрг (Томск, Тюмень, Барнаул, Бийск, 2008), Р. С. Айдарова (Казань, 2009), Е. А. Сысоевой (Самара, 2009), Ю. Д. Черной (Самара, 2011), Е. Е. Грачевой (Н. Новгород, 2014) – была сформирована методика исследования декора деревянной жилой архитектуры, представленная графически и далее апробируемая на г. Пензе (рис. 1, 2) [5–14].

Многообразие видов резьбы, орнамента и символов в наибольшей степени отражено в элементах плоскости стены фасада деревянного жилого дома.

Резьбу по дереву, с точки зрения техники исполнения, сложно ранжировать на строгие группы. При этом каждый исследователь дает свою индивидуальную классификацию и формулировку названий видов деревянной домовой резьбы. Поэтому их количество и определения в литературе еще не устоялись. На основе анализа исследований была выделена следующая классификация видов деревянной домовой резьбы: глухая; объемная (барельефная, горельефная); пропильная; накладная (объемная, пропильная).

В резьбе жилых домов для украшения фасада применялись архитектурно-декоративные элементы различного орнамента – узора, состоящего из ритмически расположенных, чередующихся различных изобразительных форм. Орнаменты в домовой резьбе подразделяют на следующие виды: геометрический; солярный; растительный; зооморфный; орнитоморфный; орнамент «драпировка».

При изучении и исследовании декора фасадов деревянных домов России большое внимание уделяется символам как неотъемлемой составляющей архитектурно-декоративных элементов фасада. Язык символов домовой резьбы многочислен и разнообразен.

Несомненно, деревянное зодчество каждого из регионов России достойно отдельного внимания, рассмотрения и исследования с целью выявления феномена фасада деревянной архитектуры, подчеркивающего индивидуальность того или иного поселения.

Деревянный домовой декор городов Поволжья имеет следующие характерные особенности:

– во всех исследуемых городах (Казань, Самара, Н. Новгород, Кострома) в домовом декоре архитектурно-декоративных элементов фасада присутствует «глухая резьба», так как мастера-резчики владели «корабельной» (глухой) резьбой именно в этом регионе. Однако наиболее распространенным видом резьбы в городах Поволжья является пропильная и накладная пропильная техники [5, 6, 12–14]:

– наиболее характерными для городов Поволжья являются растительный и геометрический орнаменты;

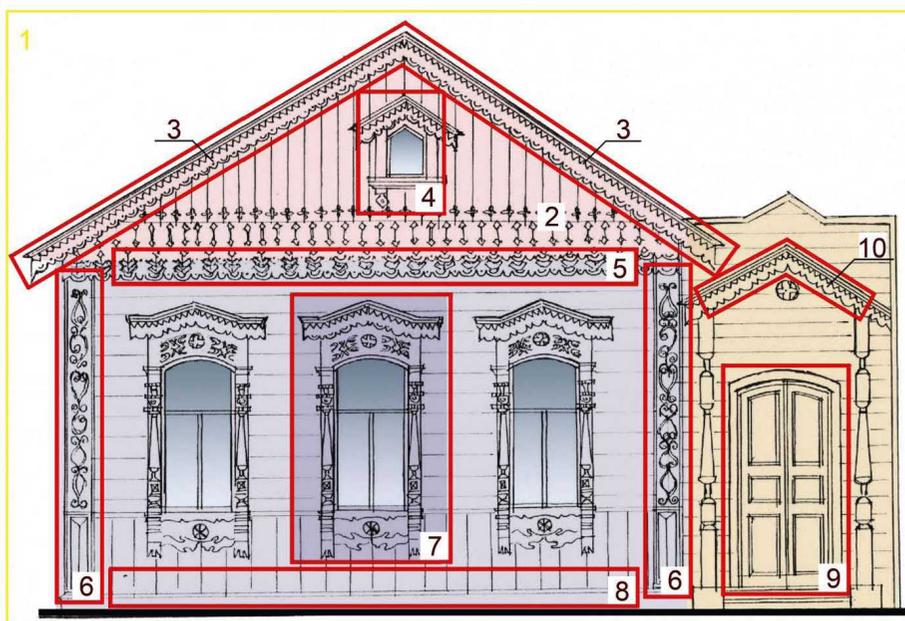
– символика исследуемых городов соответствует выделенным орнаментам. Наиболее характерными являются символы растительного орнамента (берегиня, крин, пальметта), они доминируют в украшении архитектурно-декоративных элементов фасада деревянных домов всех исследуемых городов. Символы геометрического орнамента (земля, руст, розетка) занимают второе по распространенности место.

Домовая резьба городов Западной Сибири (Тюмень, Омск, Тара, Томск, Барнаул, Бийск, Тобольск, Камень-на-Оби) имеет следующие характерные особенности [7–11]:

– в исследуемых городах в домовом декоре архитектурно-декоративных элементов фасада деревянного жилого дома широко применялась техника объемной резьбы. Это было возможным благодаря географическому расположению

К СТАТЬЕ Д. В. ЕЩИНА
«АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФАСАДА
ДЕРЕВЯННЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ КОНЦА XIX – НАЧАЛА XX ВВ.»

АРХИТЕКТУРНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
ФАСАДА ДЕРЕВЯННОГО ЖИЛОГО ДОМА



ГЛАВНЫЙ ФАСАД ЖИЛОГО ДОМА ПО УЛ. ЛИБЕРСОНА, 16. ПЕНЗА. (НЕ СОХРАНИЛСЯ)

1 - ГЛАВНЫЙ ФАСАД ДОМА

- **ФРОНТОН** (верхняя треугольная часть дома):

- 2 - ТИМПАН (внутренняя плоскость фронтона)
- 3 - ПРИЧЕЛИНЫ (доски, защищающие от влаги торцы покровельных слег)
- 4 - ЧЕРДАЧНОЕ ОКНО (центральная часть фронтона для проветривания, освещения чердака)

- **ПЛОСКОСТЬ СТЕНЫ** (непосредственно стена главного фасада дома):

- 5 - ФРИЗОВАЯ ЛЕНТА (декоративный элемент стены)
- 6 - ПИЛЯСТРЫ (вертикал. выступ стены, служит для опоры или декоративного членения стены)
- 7 - НАЛИЧНИК (обрамление оконного проёма)
- 8 - ЗАВАЛИНКА (насыпь вдоль наружных стен в основании по периметру деревянного дома)

- **ВХОДНАЯ ГРУППА** (со стороны главного фасада):

- 9 - ДВЕРНОЕ ПОЛОТНО (полотно входных дверей определяет размер всей входной группы)
- 10 - НАВЕС НАД ВХОДОМ (защита от осадков)

Рис. 1. Архитектурно-художественные элементы фасада деревянного жилого дома

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНОГО ДЕРЕВЯННОГО ДЕКОРА ГЛАВНОГО ФАСАДА ОБЪЕКТА ПО УЛ. ГЛАДКОВА, 24

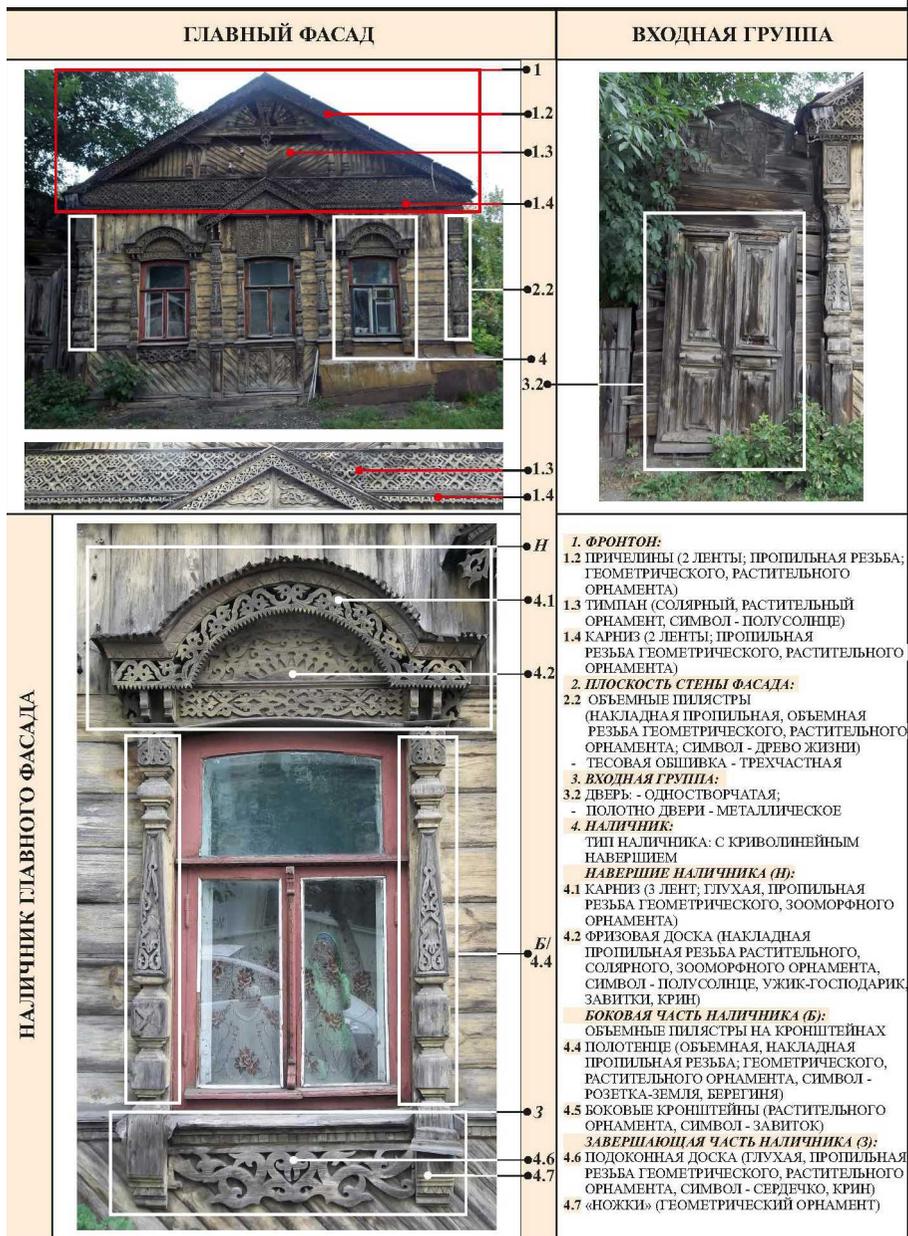


Рис. 2. Пример анализа декора фасада деревянного жилого дома. Памятник архитектуры муниципального (местного) значения



Сибирского региона, богатого лесными ресурсами. Однако наиболее распространенным видом резьбы в городах Западной Сибири является пропильная техника резьбы;

– наиболее характерными и ярко выраженным для городов Западной Сибири является растительный орнамент, также часто украшает элементы фасада орнамент «драпировка»;

– наиболее характерными являются символы растительного орнамента (волюты, виноградная лоза, вазоны с растением). Растительные символы сибирского декора отличаются глубиной проработки и высокой степенью реалистичности. Одноименный символ орнамента «драпировка» также распространен в домовом декоре городов Западной Сибири.

Деревянный домовый декор городов Поволжья и Западной Сибири имеет общие характерные особенности:

– наиболее распространена пропильная техника резьбы;

– наиболее характерен растительный орнамент и присущая ему символика в различных семантических вариациях.

В деревянном зодчестве декор каждого архитектурно-художественного элемента фасада отражает его феноменальность. Элементы могут быть единичны и присущи только одному объекту в городе, и этим они феноменальны. Элементы декора фасада могут повторяться многократно, отражая феноменальность города. Архитектурно-художественные элементы фасада деревянной жилой архитектуры городов России феноменальны в культуре мирового сообщества. К сожалению, сегодня все чаще, чтобы разглядеть самобытные черты лица деревянного города, оставленные талантливой рукой мастеров, необходимо все пристальнее всматриваться в отдельные фрагменты сохранившихся зданий.

Деревянные жилые дома г. Пензы с фасадами, богатыми декором, единичны [15–21]. Центр города насчитывает 15 памятников деревянной жилой архитектуры федерального и регионального значения, каждый из которых требует анализа (рис. 1, 2). Это объекты: по ул. Ключевского: 48, 55, 66, 72; ул. Володарского: 3, 9, 11, 59; ул. Чкалова: 53, 56; ул. Куйбышева: 15, 20, 45; ул. К. Маркса, 7; ул. Красная, 69. Город насчитывает 22 сохранившихся на сегодня памятника деревянной жилой архитектуры местного значения (по реестру 1979 г.) Это объекты по: ул. Ключевского: 17, 26, 37, 39, 43, 62, 65; ул. Чкалова: 2, 6, 11, 13, 17; ул. Красная: 48, 70, 77; ул. Богданова: 26, 46; ул. Гоголя: 9, 33; ул. Гладкова, 24, ул. М. Горького, 12, ул. Набережная р. Пензы, 23.

По мнению автора, на сегодня насчитывается 26 рядовых объектов деревянной жилой архитектуры центра г. Пензы, декор которых представляет архитектурно-художественную ценность. Это объекты по ул. Ключевского: 14, 25, 36, 40, 50, 57; ул. Чкалова, 14; ул. Калинина, 16; ул. Замойского, 10; ул. Красная, 12; ул. Железнодорожная, 7; ул. Кураева, 37; ул. Чехова: 13, 36, 50; ул. Гоголя: 16, 44; ул. Свердлова, 46; ул. Куйбышева, 44; ул. Набережная р. Пензы, 21; ул. Суворова: 20, 39; ул. Старо-Черкасская: 5, 12; ул. Революционная: 15, 41.

Таким образом, всего выявлено 210 объектов деревянной жилой городской архитектуры Пензы, из которых принято к исследованию 63 (на примере центра): из них 15 объектов культурного наследия, 22 объекта ценных по реестру 1979 г., 26 объектов ценных по мнению автора (натурные исследования 2016 г.).



Рис. 1. Методический ход исследования архитектурно-художественных элементов фасада деревянного жилого дома

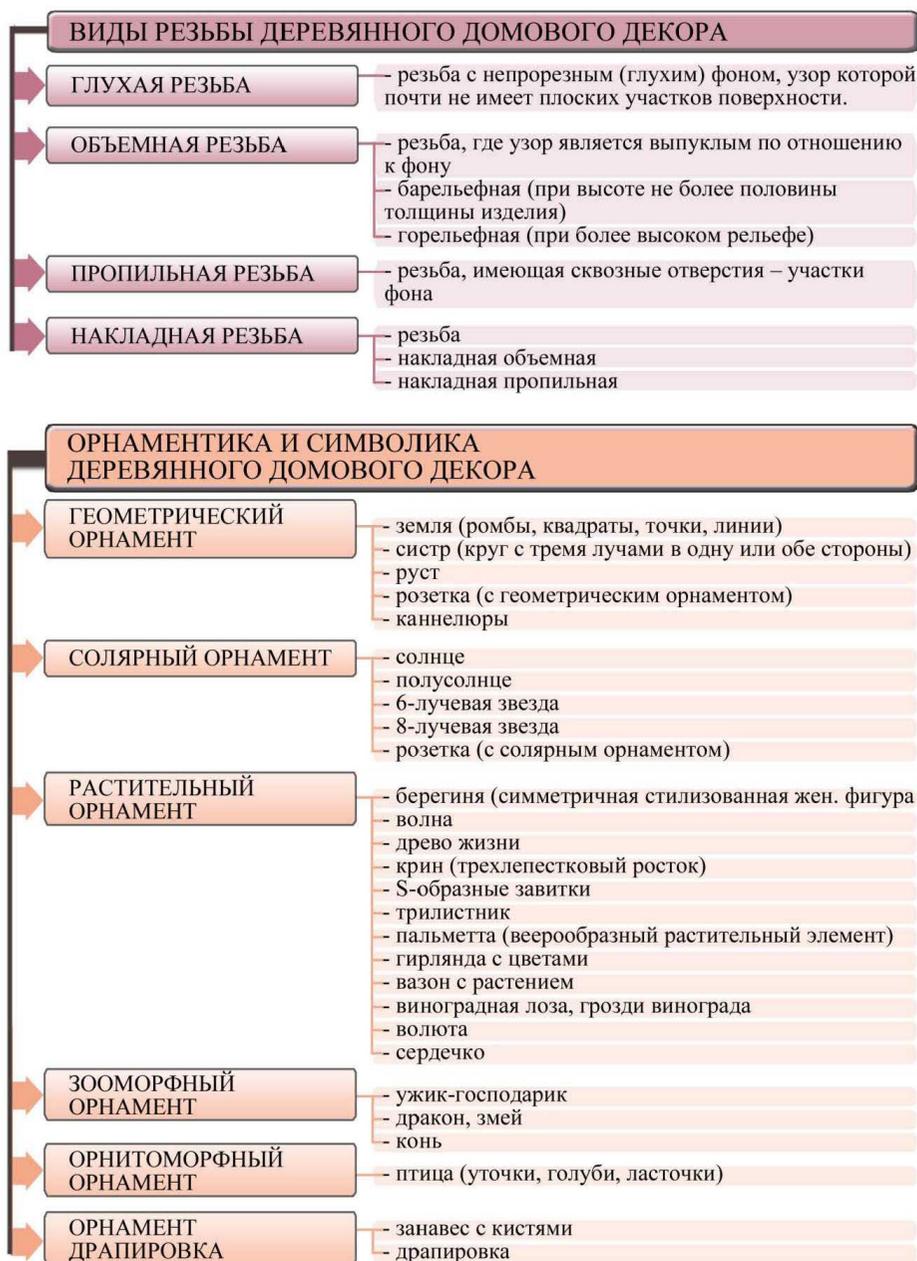


Рис. 2. Методический ход исследования архитектурно-художественных элементов фасада деревянного жилого дома. Критерии оценки резьбы, орнаментики и символики домового декора

Методика исследования домового декора Пензы, предложенная автором и отраженная в публикации графически, позволит выявить характерные архитектурно-художественные особенности фасадов города, их индивидуальность, дополнит страницы деревянного зодчества (рис. 2 цв. вклейки). Выявленные особенности



жилой деревянной архитектуры г. Пензы конца XIX – начала XX вв. восполняет недостаток научных данных для обоснования ее историко-культурной, архитектурно-художественной ценности и значимости.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научно-го проекта № 19-312-90013/19.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев, А. Ф. Характеристика видов резьбы по дереву. Элементы резьбы. Терминология / А. Ф. Афанасьев. – URL: <http://podelki-sr.ru/tvorcheskie-zadachi-mastera-po-derevu/114-karakteristika-vidov-rezby-po-derevu-elementy-rezby-terminologiya.html>. – Текст : электронный.
2. Ащепков, Е. А. Русское народное зодчество в Восточной Сибири / Е. А. Ащепков. – Москва : Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953. – 288 с. : ил. – Текст : непосредственный.
3. Матвейчук, А. Символика русского наличника / А. Матвейчук. – URL: <http://www.symbolarium.ru>. – Текст : электронный.
4. Ополовников, А. В. Сокровища Русского Севера / А. В. Ополовников. – Москва : Стройиздат, 1989. – 367 с. : ил. – ISBN 5-274-00335-4. – Текст : непосредственный.
5. Айдаров, Р. С. Архитектурно-пространственная организация деревянной жилой застройки Казани второй половины XIX – начала XX веков : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Айдаров Равиль Сайярович. – Казань, 2009. – 211 с. – Текст : непосредственный.
6. Грачева, Е. Е. Архитектура деревянных и каменно-деревянных жилых домов Нижнего Новгорода XIX – начала XX вв. : специальность 05.23.20 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Грачева Елена Евгеньевна ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2011. – 192 с. – Текст : непосредственный.
7. Карелин, Д. В. Деревянное и каменное жилое домостроительство Западной Сибири: второй половины XVIII – начала XX вв. : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Карелин Дмитрий Викторович. – Новосибирск, 2006. – 190 с. – Текст : непосредственный.
8. Козлова-Афанасьева, Е. М. Архитектурная деревянная резьба юга Тюменской области второй половины XIX – начала XX вв. Художественно-стилистические особенности : специальность 17.00.04 : диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения / Козлова-Афанасьева Елена Михайловна. – Тюмень, 2004. – 200 с. – Текст : непосредственный.
9. Куликова, И. В. Архитектура деревянного доходного дома города Томска: вторая половина XIX – начало XX вв. : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Куликова Ирина Владимировна. – Новосибирск, 2006. – 160 с. – Текст : непосредственный.
10. Чуйко, Л. В. Резной декор деревянной архитектуры городов Западной Сибири конца XIX – второй половины XX веков: На материалах Омска и Тары : специальность 17.00.12 : диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения / Чуйко Лариса Владимировна. – Москва, 2000. – 160 с. – Текст : непосредственный.
11. Эрг, И. Л. Домовый декор городов Западной Сибири конца XIX – начала XX вв. : специальность 17.00.04 : диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения / Эрг Ирина Леонидовна. – Барнаул, 2008. – 221 с. – Текст : непосредственный.
12. Кокшаров, А. С. Традиции классицизма в жилой деревянной застройке Костромы второй половины XIX – начала XX вв. : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Кокшаров Александр Сергеевич ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2007. – 144 с. – Текст : непосредственный.



13. Сысоева, Е. А. Особенности деревянной архитектуры Самары конца XIX – начала XX веков : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Сысоева Елена Александровна ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2009. – 162 с. – Текст : непосредственный.
14. Черная, Ю. Д. Каменно-деревянная архитектура Самары конца XIX – начала XX веков : специальность 05.23.20 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Черная Юлия Дмитриевна ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2011. – 192 с. – Текст : непосредственный.
15. Дворжанский, А. И. Деревянное кружево Пензы / А. И. Дворжанского. – Пенза : [б. и.], 2002. – 20 с. : ил. – ISBN 5-901445-04-X. – Текст : непосредственный.
16. Еремеев, С. Н. Деревянное зодчество Пензы / под ред. С. Н. Еремеева. – Пенза : [б. и.], 2015. – 740 с. : ил. – Текст : непосредственный.
17. Ещина, Е. В. Деревянные улицы Пензы: сохраненное и утраченное наследие / Е. В. Ещина, Д. В. Ещин, А. Ю. Дэнзилэ. – Текст : непосредственный // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2017. – № 3. – С. 58–63.
18. Ещина, Е. В. Памятники истории и культуры Пензы: проблемы состояния деревянного наследия / Е. В. Ещина, Д. В. Ещин, А. Ю. Дэнзилэ. – Текст : непосредственный // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2017. – № 4. – С. 180–194.
19. Ещина, Е. В. К вопросу: история возникновения декора фасада в русском народном деревянном творчестве / Е. В. Ещина, Д. В. Ещин, А. Ю. Дэнзилэ. – Текст : непосредственный // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2017. – № 3. – С. 51–57.
20. Ещина, Е. В. Музей народного творчества как феномен деревянной архитектуры г. Пензы / Е. В. Ещина, Д. В. Ещин, А. Ю. Дэнзилэ. – Текст : непосредственный // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2017. – № 4. – С. 169–180.
21. Лапшина, Е. Г. Проблемы сохранения архитектурного наследия российской глубинки / Е. Г. Лапшина. – Текст : непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – 2007. – № 2 (4). – С. 3–7.

ESCHIN Dmitry Vadimovich, postgraduate student of the chair of town planning

ARCHITECTURAL-ARTISTIC ELEMENTS OF THE FACADE OF WOODEN RESIDENTIAL HOUSES OF THE END OF XIX – THE BEGINNING OF THE XX CENTURIES

Penza State University of Architecture and Construction
28, Titov St., Penza, 440028, Russia. Tel.: +7 (841) 248-74-75;
e-mail: dmi.eshchin@gmail.com

Key words: wooden architecture, architectural and artistic elements of the facade, wooden house carving, platband, pediment, carved decor, semantics, ornament.

The article discusses decor elements of the facade of the wooden residential building in Russia. A methodical search for architectural and artistic features of facades is described. The scientific research is presented graphically by the example of the city of Penza.

REFERENCES

1. Afanasev A. F. Kharakteristika vidov rezby po derevu. Elementy rezby. Terminologiya [Description of the types of woodcarving. Carving elements. Terminology]. URL: <http://podelki-sr.ru/tvorcheskie-zadachi-mastera-po-derevu/114-xarakteristika-vidov-rezby-po-derevu-elementy-rezby-terminologiya.html>.
2. Aschepkov E. A. Russkoe narodnoe zodchestvo v Vostochnoy Sibiri [Russian folk



architecture in Eastern Siberia] – Moscow: Gosudarstvennoe izdatelstvo literatury po stroitelstvu i arkhitekture, 1953, 288 p.: il.

3. Matveychuk A. Simvolika russkogo nalichnika [Symbols of the Russian platband]. URL: <http://www.symbolarium.ru>.

4. Opolovnikov A. V. Sokrovishcha Russkogo Severa [Treasures of the Russian North], Moscow, Stroyizdat, 1989, 367 p.: il. ISBN 5-274-00335-4.

5. Aydarov R. S. Arkhitekturno-prostranstvennaya organizatsiya derevyannoy zhiloy zastroyki Kazani vtoroy poloviny XIX – nachala XX vekov [Architectural and spatial organization of the wooden residential building of Kazan in the second half of the XIX – beginning of the XX centuries]: spetsialnost 18.00.01: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata arkhitekturny. Kazan, 2009, 211 p.

6. Grachyova E. E. Arkhitektura derevyannykh i kamЕННО-derevyannykh zhilykh domov Nizhnego Novgoroda XIX – nachala XX vekov [The architecture of wooden and stone-wooden residential buildings in Nizhny Novgorod in the 19th and early 20th centuries]: spetsialnost 05.23.20: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata arkhitekturny. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2011, 192 p.

7. Karelin D. V. Derevyannoe i kamennoe zhiloe domostroitelstvo Zapadnoy Sibiri vtoroy poloviny XVIII – nachala XX vv [Wooden and stone residential construction of Western Siberia: the second half of the XVIII – beginning of XX centuries]: spetsialnost 18.00.01: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata arkhitekturny. Novosibirsk, 2006, 190 p.

8. Kozlova-Afanaseva E.M. Arkhitekturnaya derevyannaya rezba yuga Tyumenskoj oblasti vtoroy poloviny XIX – nachala XX vv. Khudozhestvenno-stilisticheskie osobennosti [Architectural wooden carving of the south of the Tyumen region of the second half of the XIX – early XX centuries. Artistic-stylistic features]: spetsialnost 17.00.04: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata iskusstvovedeniya. Tumen, 2004, 200 p.

9. Kulikova I. V. Arkhitektura derevyannogo dokhodnogo doma goroda Tomsk: vtoraya polovina XIX – nachala XX vv. [Architecture of a wooden apartment building in the city of Tomsk: second half of the XIX – early XX centuries]: spetsialnost 18.00.01: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata arkhitekturny, Novosibirsk, 2006, 160 p.

10. Chuyko L. V. Reznoy dekor derevyannoy arkhitekturny gorodov Zapadnoy Sibiri kontsa XIX – vtoroy poloviny XX vekov: Na materialakh Omska i Tary. [Carved decor of the wooden architecture of the cities of Western Siberia at the end of the XIX – the second half of the XX centuries: On the materials of Omsk and Tara]: spetsialnost 17.00.12: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata iskusstvovedeniya, Moscow, 2000, 160 p.

11. Erg I. L. Domovy dekor gorodov Zapadnoy Sibiri kontsa XIX – nachala XX vekov [Home decor of Western Siberia cities of the late XIX - early XX centuries]: spetsialnost 17.00.04: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata iskusstvovedeniya, Barnaul, 2008, 221 p.

12. Koksharov A. S. Traditsii klassitsizma v zhiloy derevyannoy zastroyke Kostromy vtoroy poloviny XIX – nachala XX vv. [The traditions of classicism in residential wooden buildings in Kostroma of the second half of the XIX – early XX centuries]: spetsialnost 18.00.01: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata arkhitekturny, Nizhny Novgorod, 2007, 144 p.

13. Sysoeva E. A. Osobennosti derevyannoy arkhitekturny Samary kontsa XIX – nachala XX vekov [Features of the wooden architecture of Samara of late XIX – early XX centuries]: spetsialnost 18.00.01: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata arkhitekturny, Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2009, 162 p.

14. Chyornaya Yu.D. KamENno-derevyannaya arkhitektura Samary kontsa XIX – nachala XX vekov [Stone-wooden architecture of Samara at the end of the XIX - beginning of the XX centuries]: spetsialnost 05.23.20: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata arkhitekturny, Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2011, 192 p.

15. Dvorzhansky A. I. Derevyannoe kruzhevo Penzy [Wooden lace of Penza] / Pod red. A. I. Dvorzhanskogo. Пенза, 2002, 20 p.: il. ISBN 5-901445-04-X.

16. Yeremeev S. N. Derevyannoe zodchestvo Penzy [Wooden architecture of Penza]. Pod red. S. N. Ereemeeva. Penza, 2015, 740 p.: il.

17. Eschina E. V., Eschin D. V., Deneile A. Yu. Derevyannye ulitsy Penzy: sokhranyonnoe i



utrachennoe nasledie [Wooden streets of Penza: preserved and lost heritage]. *Образование и наука в современном мире. Innovatsii* [Education and science in the modern world. Innovations]. 2017. P. 58–63.

18. Eschina E. V., Eschin D. V., Deneile A. Yu. Pamyatniki istorii i kulturi Penzy: problemy sostoyaniya derevyannogo naslediya [Monuments of history and culture of Penza: problems of the state of the wooden heritage]. *Образование и наука в современном мире. Innovatsii* [Education and science in the modern world. Innovations]. 2017. № 4. P. 180–194.

19. Eschina E. V., Eshchin D. V., Deneile A. Yu. K voprosu: istoriya voznikoveniya dekora fasada v russkom narodnom derevyannom tvorchestve [To the issue: the history of the appearance of the facade decor in Russian folk wooden art]. *Образование и наука в современном мире. Innovatsii* [Education and science in the modern world. Innovations]. 2017. № 3. P. 51–57.

20. Eschina E. V., Eshchin D. V., Deneile A. Yu. Muzey narodnogo tvorchestva kak fenomen derevyannoy arkhitektury goroda Penzy [Museum of Folk Art as a phenomenon of wooden architecture of Penza]. *Образование и наука в современном мире. Innovatsii* [Education and science in the modern world. Innovations]. 2017. № 4. P. 169–180.

21. Lapshina E. G. Problemy sokhraneniya arkhitekturnogo naslediya rossiyskoy glubinki [Problems of preservation of the architectural heritage of the Russian hinterland]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo* [Regional architecture and construction]. 2007. № 2 (4). P. 3–7.

© Д. В. Ещин, 2020

Получено: 23.11.2019 г.

УДК 726.5.03(480)

О. А. БОТИНА, преп. кафедры архитектуры и дизайна; **О. А. РОДИНА**, канд. архитектуры, доц. кафедры архитектуры и дизайна

АРХИТЕКТУРА НА ГРАНИЦЕ ГОСУДАРСТВ: ЛЮТЕРАНСКАЯ КИРХА В КАННЕЛЬЯРВИ

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

Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. Тел.: (834) 47-71-56; эл. почта: cradleoffox@gmail.com

Ключевые слова: кирха, Уно Ульберг, лютеранская церковь, Каннельярви, финская архитектура.

Рассматривается проблема исторической идентификации, сохранения и восстановления культовых объектов, «перешедших за границу» своих государств, культурных и религиозных традиций. В ходе исследования были проведены натурные обмеры, выполнены кроки и фотофиксация объекта.

Евангелическо-лютеранская церковь Св. Петра и Павла (лютеранская кирха) – культовое сооружение начала XX в., расположенное в поселке Каннельярви (с 1948 г. – пос. Победа Выборгского района). Мелодичное Каннельярви (фин. – Kanneljärvi) сохранилось у ближайшей железнодорожной станции на ветке Санкт-Петербург – Выборг. Поселок находится на берегу оз. Каннельярви (старинное имя от названия музыкального инструмента кантеле, на которое озеро похоже по форме) [1]. Сегодня озеро носит имя «Победное». Кирха в Каннельярви не единственный пример сооружения, «перешедшего за границу» своего государства, куль-



турных и религиозных традиций в границах современной России.

Актуальность темы определяется необходимостью описания объекта для сохранения и реставрации, поэтому авторы изучили историю церкви и выполнили предпроектный анализ (натурные исследования), которые могут послужить основанием для проведения историко-культурной и реставрационной экспертизы.

Авторы используют синонимичные названия лютеранского культового сооружения. Обращение к этимологии самого слова «кирха» прослеживает связь с русским словом церковь [2] (нем. Kirche восходит к греч. κηρῶν. Далее в тексте приводится обозначение объекта и как церковь, и как кирха).

Появление на территории России храмовых построек различных конфессий связано с историческим изменением границ Российской империи, а впоследствии и границ Советского Союза. В ходе деления польско-литовско-русских границ возникли католические постройки в Смоленске; границ России и Пруссии – католические и лютеранские церкви в Калининградской области; России, Финляндии, Швеции – протестантские постройки, начиная со времен Северной войны, Ингерманландские кирхи и храмы в Северо-Западном регионе [3].

Каннельярви – живописный край, а после появления железной дороги во второй половине XIX в., связывающей станцию с Санкт-Петербургом, в окрестностях озера Каннельярви стали селиться многие известные петербуржцы того времени. Стоит упомянуть виллу заводчика Крузеля, который являлся зятем известного изобретателя динамита Альфреда Нобеля [4]. «Русским господам приглянулся этот живописный край, поездка в который занимала чуть более двух часов. Дачи возводили с размахом, в несколько этажей, с верандами и балконами. Возле одной из вилл вскоре появилась небольшая православная церковь и гостиница. Впоследствии, когда граница с Россией закрылась, и дачники пропали, многие здания, в том числе и эта церковь были разобраны и проданы другим хозяевам» [5]. В таком геокультурном ландшафте появилось и лютеранское культовое сооружение – кирха, построенная по проекту финского архитектора Уно Ульберга.

Земли Каннельярви (а еще ранее – Кантьярви) во время Северной войны в 1707–1708 гг. были заняты русскими войсками, а в 1721 г. по условиям Ништадтского мира отошли к России и были присоединены к Санкт-Петербургской, а в 1744 г. – к Выборгской губернии. В 1811 г. Выборгская губерния была передана автономному Великому Княжеству Финляндскому. Выход малой страны из состава Великой Империи и образование нового государства на карте Европы произошли после событий Первой мировой войны [6]. В XX в. пограничная территория Каннельярви была центром власти и местом национальной идентификации. Местность переходила от финнов к русским, от служителей Империи – к красноармейцам, от военных – к новым советским дачникам.

Приграничная территория за несколько веков побывала в составе и крупных империй, и небольших государств. Данный фактор способствовал не только активным перемещениям народов, но и возникновению новых этносов. После Столбовского мирного договора между Русским царством и Шведским королевством в 1617 г., когда ижорская земля отошла к шведам, православное население было обложено непосильными налогами и мигрировало в Россию [7]. Новая шведская провинция получила название Ингерманландия (от швед. *Ingermanland*), по-фински же звучала иначе – Ингрия (от фин. *Inkeri, Inkerinmaa*). Несмотря на то, что в современном административном делении Российской Федерации данная единица отсутствует, большинство лютеранских приходов Ленинградской области



и Карелии относятся к Евангелическо-лютеранской церкви Ингрии [8]. В XVII вв. шведскую Ингерманландию занимали преимущественно финны-переселенцы. Именно они впоследствии сформировались в этнос – ингерманландские финны. После Северной войны финны-крестьяне не желали уезжать с обжитых территорий. Таким образом, ингерманландские финны на протяжении XVIII в. находились в изоляции от материнского этноса [9].

На территории Каннельярви происходили одни из самых ожесточенных боев Зимней войны [10] (Советско-финская война 1939–1940 гг.). После войны по условиям Московского мирного договора 1940 г. земли отошли в состав СССР. Во время Великой Отечественной войны Каннельярви три года (1941–1944) была занята союзными немцам финскими войсками, а летом 1944 г. освобождена Красной армией. В ноябре 1944 г. весь Карельский перешеек был передан Ленинградской области. Все финские названия на перешейке заменены русскими [11], в результате чего большинство финских топонимов было утрачено. Военные переделы границ пагубно сказались на сохранности многих построек. В послевоенный период уникальные архитектурные сооружения не восстанавливались и не заселялись. Дача Крузеля была окончательно разгромлена жителями поселка «Победа» в конце 1950-х – начале 1970-х гг. [4].

Первый церковный совет прихода Каннельярви был избран 11 июня 1922 г., а уже в 1925 г. принято решение о строительстве приходского храма. Проектированием Кирхи занялся известный финский архитектор Уно Ульберг [12]. Архитектор проекта церкви плодотворно работал в Выборге. Ранние постройки по его проектам отличает характер «национального романтизма». Это, например, деловой и жилой дом для старейшей в Выборге торговой фирмы «Хакман и Ко» / Северный вал, 5, 1908 г. в соавторстве с архитектором А. Гюльденом [13]. Ульберг творил на границе эпох и стилей. В проектах автора начала XX в. мы будто видим ретроспективу архитектурных стилей. В его творчестве нашли отражение «модерн», «северное барокко», «кирпичный неоклассицизм». В духе «кирпичного неоклассицизма», свойственного более для заводов и фабрик, Ульберг воплотил гражданское здание – гостиница «Карелия» (1929 г., совместно с П. Уотила).¹ Уно Ульберг не только творил в разнообразных стилях, но и объекты его творчества были самого различного функционального назначения. Среди них: здание банка, больницы, учебные заведения и культовые постройки.

Кирха в Каннельярви возведена на холме Коккомьяки, возвышающемся над южным берегом озера Каннельярви, благодаря чему она хорошо просматривалась со всех сторон. Архитектор стремился соединить функциональное назначение здания с его художественным обликом, выраженным в простоте форм фасадов и интерьера, отсутствии детальности и проработки. Прямолинейные стены и перегородки церкви, прямоугольные проемы сочетаются с полукруглыми арками в интерьере, вытянутыми оконными проемами и круглыми окнами на колокольне, являющейся главной доминантой здания (рис. 1).

Колокольня завершалась небольшой четырехскатной кровлей, увенчанной крестом. Интересно и то, что в оформлении колокольни архитектор использовал два вида проемов разной высоты – прямоугольные и полукруглые арки.

¹Данный факт был сообщен нам при посещении Евангелическо-лютеранской церкви Св. Петра и Павла в п. Победа пастором прихода Каннельярви 11.07.2017 г.

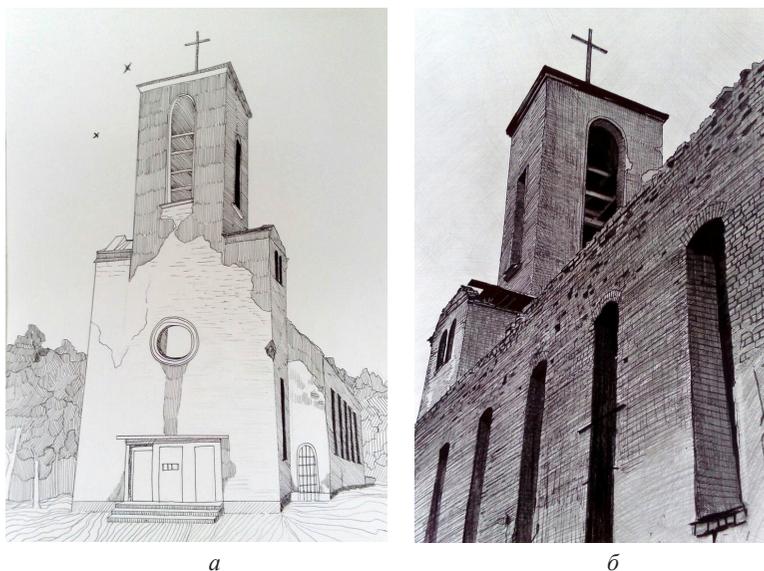


Рис. 1. Кирха в Каннельярви: *а* – вид на главный фасад, автор Чужайкина И., линер, 2018 г.; *б* – вид на боковой фасад, автор Валькова А., линер, 2018 г.

Судя по старым фотографиям, фасад здания был выстроен из красного кирпича, оштукатурен и окрашен в белый цвет со стороны фасада. В интерьере же побелена была только алтарная часть, что в сочетании со светом, попадающим из бокового окна, создавало впечатление легкости, божественности. Боковые же перегородки были не оштукатурены. Кирпичная кладка в основном применялась двух видов: ложковая и крестовая, что можно увидеть и по сей день на сохранившихся стенах здания. Лишь между окнами был создан необычный геометрический узор в виде ромбов, расположенных друг над другом.

Объемно-планировочная структура организована следующим образом: при входе в церковь расположен небольшой притвор (рис. 2), который ведет к центральному нефу, по бокам от нефа – две лестницы, ведущие на колокольню. Практически все пространство центрального нефа занимало два ряда простых скамей, разделенных проходом, создававшим ось всей композиции, ориентированной на алтарь. Алтарь церкви, изображающий «Бегство из Египта», был расписан художником Калерво Туукканеном [12]. Над изображением возвышался большой католический крест. В боковых нефах сохранились прямоугольные перегородки с арками.

Над входом в неф располагалось пространство, называемое хоры (рис. 3). Здесь предполагалось разместить орган, но привезти его не успели, так как началась Зимняя война. Основной урон кирха понесла именно в период Зимней войны. Добротное кирпичное здание с каменным полом использовалось советскими войсками в качестве склада.

В годы Великой Отечественной войны финские оккупанты, а вернее, коренное население, проводили богослужения в здании кирхи. Производились и ремонтные работы. Однако с 1944 г., когда местность Каннельярви была отвоевана у союзников захватнических войск, кирха вновь потеряла статус духовного учреждения.



Рис. 2. Вход из притвора в центральный неф. Фото Ботиной О., 2017 г.



Рис. 3. Пространство над входом в центральный неф – хоры. Фото Ботиной О., 2017 г.

Сегодня Евангелическо-лютеранская церковь св. Петра и Павла – полуразрушенное здание из красного кирпича. Пожар уничтожил кровлю и внутренние перекрытия. Новая попытка восстановить церковь до сих пор не осуществлена. И лишь потемневшие от времени и покосившиеся леса, опутывающие стены алтаря, напоминают нам об этом (рис. 4, 5). В начале 1990-х гг. церковь была отдана лютеранскому приходу, который и функционирует до сих пор в боковой пристройке. Там располагается небольшой орган и алтарь, расписанный дочерью местного пастора прихода Каннельярви. Здесь же работает воскресная школа для детей.

Судя по фотографиям, в разное время Кирху окружала каменная, затем – металлическая ограда, которые до настоящего времени не сохранились [14, 15].

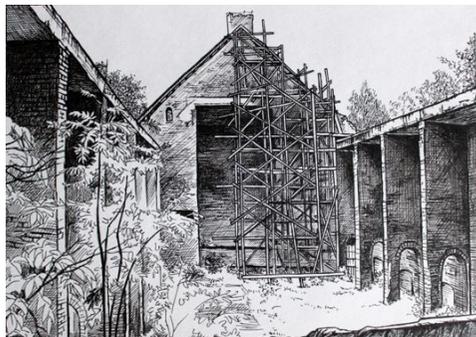


Рис. 4. Внутренне пространство кирхи.
Автор Ботина О., линер, 2017 г.



Рис. 5. Боковые нефы.
Автор Мешерякова Е., линер, 2018 г.

В наши дни сами служители и прихожане занимаются посильным восстановлением кирхи: пастор возвел небольшое деревянное ограждение, которое периодически приходится сооружать вновь из-за вандализма. В связи с этим и само сохранившееся здание закрыто решетками. Внутри можно попасть с разрешения пастора. Чтобы забраться на звонницу, нужно подняться по бетонной лестнице, а потом по приставной металлической. На звоннице расположен чугунный колокол с надписью, край его отколот. С колокольни открываются прекрасные виды на озеро, поселок и алтарную часть Кирхи.

Территория с кладбищами вокруг кирхи ухожена: пострижен газон, посажены туи. Сам поселок и церковь находятся в умиротворенном и спокойном, тихом месте: вокруг растут сосны и, кажется, время тут замедлилось. Выветрившиеся камни – святыни со следами от осколков мин – напоминают нам о тяжелых военных временах пограничного поселка. С каждым годом природа все больше разрушает фасады церкви, нуждающейся в реставрации. Еще сохранившиеся в зоне колокольни бетонные перекрытия и лестницы покрыты многочисленными трещинами, плесенью, местами торчит арматура. Кое-где уже образовались проемы. Но церковь продолжает поражать своей необыкновенной аурой и тишиной.

Недалеко от входа в кирху установлен мемориальный камень, на котором на двух языках (финском и русском) написано: «На этом месте в 1923 г. было основано кладбище прихода Каннельярви. Здесь были похоронены герои, погибшие в войне в 1941–1944 гг. Церковь была построена в 1934 г. и действовала до 1944 г. Фонд Каннельярви чтит память погибших и похороненных на родной земле».

Проведенное авторами исследование показывает, что лютеранская кирха в Каннельярви является не только памятником культовой архитектуры XX в., но и символом памяти финского народа Ингерманландии. Кирха – символ, олицетворяющий неразрывную связь с историей и культурой финского народа. Подобные объекты требуют внимания не только со стороны архитекторов, культурологов и общественности, но и со стороны государств (как Финляндии, так и России). Данное исследование должно послужить вкладом в сохранение и восстановление лютеранской кирхи в Каннельярви. Существует ряд архивных фотографий, документов и чертежей Ульберга, являющихся достаточной информативной базой для проведения работ по реконструкции сооружения, но из-за недостатка финансирования это предложение остается на уровне идеи.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балашов, Е. А. Карельский перешеек. Земля неизведанная : в 3 частях. Часть 3. Юго-западный сектор: Каннельярви – Куолемаярви (Победа – Пионерское). – Санкт-Петербург : Новое время, 1998. – 128 с. – ISBN 978-5-904261-01-6. – Текст : непосредственный.
2. Фасмер, М. Этимологический словарь русского языка : в 4 томах. Том I-IV / М. Фасмер ; под редакцией и с предисловием профессора Б. А. Ларина ; перевод с немецкого О. Н. Трубачева, с дополнениями. – 1-е русскоязычное издание. – Москва : Астрель : АСТ, 1987. – 864 с. – ISBN 5-17-013347-2 (АСТ). – Текст : непосредственный.
3. Кузина, Н. В. Материальное наследие колонистов, инациональных ссыльных и переселенных народов в Российской Федерации (Ингерманландия, Польша, Пруссия) / Н. В. Кузина. – Текст : непосредственный // Знание. – 2016. – № 3-5 (32). – С. 128.
4. Окладникова, Е. А. Метапространство дачных ландшафтов северных окрестностей Петербурга конца XIX – начала XX веков / Е. А. Окладникова, О. А. Марова. – Текст : непосредственный // Научный результат. Серия «Социальные и гуманитарные исследования». – 2014. – № 2 (2). – С. 57–58.
5. Каннельярви: история. – URL: [http:// www.findmapplaces. com/10189614_Каннельярви/](http://www.findmapplaces.com/10189614_Каннельярви/) (дата обращения: 05.06.2019). – Текст : электронный.
6. Дубровская, Е. Ю. Российские военнослужащие и население Финляндии в годы Первой мировой войны (1914–1918) / Е. Ю. Добровольская. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2008. – 128 с. – Текст : непосредственный.
7. Каранов, Д. П. Культурное развитие ингерманландских финнов на рубеже XIX – XX вв: факторы этнокультурного роста / Д. П. Каранов. – Текст : непосредственный // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. – 2012. – № 153-1. – С. 7–14.
8. Евангелическо-лютеранская церковь Ингрии. – URL: [http:// www.elci.ru/](http://www.elci.ru/) (дата обращения: 05.06.2019). – Текст : электронный.
9. Каранов, Д. П. Культурное развитие ингерманландских финнов на рубеже XIX – XX вв: факторы этнокультурного роста / Д. П. Каранов. – Текст : непосредственный // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. – 2012. – № 153-1. – С. 10–14.
10. Сузи, Г. В. Районирование новых территорий карело-финской ССР и Ленинградской области в 1940 году / Г. В. Сузи. – Текст : непосредственный // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2015. – № 3-2 (148). – С. 38–40.
11. Сузи, Г. В. Районирование новых территорий карело-финской ССР и Ленинградской области в 1940 году/ Г. В. Сузи. – Текст : непосредственный // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2015. – № 3-2 (148). – С. 40–42.
12. Историко-краеведческое объединение. – URL: [http:// www.kannas.ru/vyborg_ district3.htm](http://www.kannas.ru/vyborg_district3.htm) (дата обращения: 05.06.2019). – Текст : электронный.
13. Кудрявцева, Л. А. Архитектура Выборга конца XIX – первой половины XX века : Проблемы стилистической эволюции : специальность 17.00.04 : диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения / Л. А. Кудрявцева. – Санкт-Петербург, 1995. – 345 с. – Текст : электронный.
14. Из истории финляндской железной дороги. Станции, люди, события. Путешествие в прошлое. – URL: [http:// www.profilib.net/chtenie/97581/andrey-gusarov-ot-finlyandskogo-vokzala-do-vyborga-iz-istorii-finlyandskoy-zheleznoy-54.php](http://www.profilib.net/chtenie/97581/andrey-gusarov-ot-finlyandskogo-vokzala-do-vyborga-iz-istorii-finlyandskoy-zheleznoy-54.php) (дата обращения: 05.06.2019). – Текст : электронный.
15. Кирха Каннельярви. 1 сентября 1941 г. Фото из архива Сил Обороны Финляндии. – URL: [http:// www.sa-kuva.fi/\[url\]](http://www.sa-kuva.fi/[url]) (дата обращения: 05.06.2019). – Текст : электронный.



BOTINA Olga Alekseevna, teacher of the chair of architecture and design; RODINA Olga Aleksandrovna, candidate of architecture, associate professor of the chair of architecture and design

ARCHITECTURE ON THE BORDER OF STATES: THE LUTHERAN CHURCH IN CANNELLARVI

National Research Mordovia State University

68, Bolshevistskaya St., Saransk, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 436-63-12;

e-mail: cradleoffox@gmail.com

Key words: church, Uno Ulberg, Lutheran church, Cannellarvi, Finnish architecture.

The article studies the problem of historical identification of religious buildings that have "crossed the borders" of their states, cultures and religious traditions. The authors carried out measurements of the church, crocs and its photographic fixation.

REFERENCES

1. Balashov E. A. Karelskiy peresheek. Zemlya neizvedannaya: v 3 ch. Ch. 3: Yugo-zapadny sektor: Kanneljarvi – Kuolemajarvi (Pobeda – Pionerskoye) [Karelian isthmus. The unknown land: Part 3: South-Western Sector: Kanneljärvi – Kuolemajarvi (Pobeda-Pionerskoe)]. St. Petersburg, Novoe vremya, 1988. P. 83–92. ISBN 978-5-904261-01-6.
2. Fasmer M. Etimologicheskii slovar russkogo yazyka [The Etymological Dictionary of the Russian Language]: v 4 t. T. I-IV. Pod red. i s predisloviem prof. B. A. Larina. Per. s nem. O. N. Trubachyova, s dop. 1-e russkoyaz. izdan. Moscow, Astrel: AST, 1987, 864 p. ISBN 5-17-013347-2 (ACT).
3. Kuzina N. V. Materialnoe nasledie kolonistov, inonatsionalnykh ssylnykh i pereselyonnykh narodov v Rossiyskoy Federatsii (Ingermanlandiya, Polsha, Prussiya) [The material heritage of colonists, foreign exiled and resettled peoples in the Russian Federation (Ingermanlandia, Poland, Prussia)]. Znanie. 2016, № 3-5 (32). P. 128.
4. Okladnikova E. A., Marova O. A. Metaprostranstvo dachnykh landshaftov severnykh okrestnostey Peterburga kontsa XIX – nachala XX vekov [Meta-space of country landscapes of the northern outskirts of St. Petersburg at the end of the XIX – beginning of the XX centuries]. Nauchny rezultat: seriya "Sotsialnye i gumanitarnye issledovaniya [Scientific Result: Series "Social and Humanitarian Studies"]. 2014, № 2 (2). P. 57–58.
5. Kanneljarvi: istoriya [Kanneljärvi: history]. URL: http://findmapplaces.com/10189614_Kanneljarvi (data obrascheniya: 05.06.2019).
6. Dubrovskaya E. Yu. Rossiyskie voennosluzhaschie i naselenie Finlyandii v gody Pervoy mirovoy voyny (1914–1918) [Russian military personnel and the population of Finland during the First World War (1914–1918)]. Petrozavodsk: Izdatelstvo PetrGU, 2008, 128 p.
7. Karanov D. P. Kulturnoe razvitiye ingermanlandskikh finnov na rubezhe XIX – XX vv: faktory etnokulturnogo rosta [Cultural development of Ingrian Finns at the turn of the XIX – XX centuries: factors of ethnocultural growth]. Izvestiya RGPU im. A. I. Gertsena [News of the Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen]. 2012, № 153-1. P. 7–14.
8. Evangelicheskoye lyuteranskoye tserkov Ingrii [Evangelical Lutheran Church of Ingria]. URL: <http://elci.ru/> (data obrascheniya: 05.06.2019).
9. Karanov D. P. Kulturnoe razvitiye ingermanlandskikh finnov na rubezhe XIX – XX vv: faktory etnokulturnogo rosta [Cultural development of Ingrian Finns at the turn of the XIX – XX centuries: factors of ethnocultural growth]. Izvestiya RGPU im. A. I. Gertsena [News of the Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen]. 2012, № 153-1. P. 10–14.
10. Suzi G. V. Rayonirovaniye novykh territoriy karelo-finskoy SSR i Leningradskoy oblasti v 1940 godu [Zoning of new territories of the Karelian-Finnish SSR and the Leningrad Region



in 1940]. Uchyonye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific Notes of Petrozavodsk State University]. 2015, № 3-2 (148). P. 38–40.

11. Suzi G.V. Rayonirovanie novykh territoriy karelo-finskoj SSR i Leningradskoj oblasti v 1940 godu [Zoning of new territories of the Karelian-Finnish SSR and the Leningrad Region in 1940]. Uchyonye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific Notes of Petrozavodsk State University]. 2015, № 3-2 (148). P. 40–42.

12. Istoriko-kraevedcheskoe obedinenie [Local history association]. URL: http://kannas.ru/vyborg_district3.htm (data obrascheniya: 05.06.2019).

13. Kudryavtseva L.A. Arkhitektura Vyborga kontsa XIX – pervoy poloviny XX veka : Probl. stilist. evolyutsii [Architecture of Vyborg at the end of the XIX – first half of the XX century: Probl. stylist. evolution]: spetsialnost 17.00.04: dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata iskusstvovedeniya. Saint-Petersburg, 1995, 345 p.

14. Iz istorii finlyandskoj zheleznoy dorogi. Stantsii, lyudi, sobytiya. Puteshestvie v proshloe [From the history of the Finnish railway. Stations, people, events. Journey into the past]. URL: <https://profilib.net/chtenie/97581/andrey-gusarov-ot-finlyandskogo-vokzala-do-vyborga-iz-istorii-finlyandskoj-zheleznoy-54.php> (data obrascheniya: 05.06.2019).

15. Kirkha Kannelyarvi 1 sentyabrya 1941 g. Foto iz arkhiva Sil Oborony Finlyandii [Kirch Kannelyarvi. September 1, 1941. Photo from the archive of the Finnish Defense Forces]. URL: [http://sa-kuva.fi\[url\]](http://sa-kuva.fi[url]) (data obrascheniya: 05.06.2019).

© О. А. Ботина, О. А. Родина, 2020

Получено: 24.09.2019 г.

УДК 72.036

О. В. ТЕРЕБИКИНА, аспирант кафедры архитектурного проектирования

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ИНЖЕНЕРА В. Г. ШУХОВА НА ФОРМООБРАЗОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ В СТИЛЕ ХАЙ-ТЕК

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: olgaterebikina@mail.ru

Ключевые слова: архитектура, хай-тек, сетчатая оболочка, гиперboloид, стержневые конструкции, инженер В. Г. Шухов.

Рассматривается влияние конструкций инженера В. Г. Шухова на развитие новейшей современной архитектуры в стиле хай-тек. Особое внимание уделяется анализу архитектуры уникальных зданий и сооружений за рубежом, выполненных по проектам лидеров хай-тека, в которых гиперboloидные стержневые и сетчатые металлические конструкции русского инженера-изобретателя участвуют в их формообразовании.

Стиль хай-тек в архитектуре принято относить к ультрасовременным стилям, но своими корнями стиль уходит в XIX столетие. Точкой отсчета возникновения хай-тека послужила эпоха Первой промышленной революции, когда в Европе появились такие предвестники современной архитектуры как Хрустальный дворец, Эйфелева башня; когда возводились первые большепролетные сооружения с металлическими конструкциями крытых рынков, библиотек и дебаркадеров железнодорожных вокзалов. Изобретатели испытывали и внедряли в массовое строительство новые материалы, конструктивные решения, полученные на основе самых современных научных знаний того времени. Так, в России на рубеже XIX–XX ве-



ков известный инженер-изобретатель Владимир Григорьевич Шухов создал большое количество оригинальных новаторских сооружений на основе металлических конструкций: гиперболоидные сетчатые металлические структуры в виде башен, подвесные сетчатые покрытия и сводчатые сетчатые оболочки. Основным принцип стальных сетчатых конструкций Шухова заключается в том, что они состоят из отдельных стержней, образующих пространственную металлическую структуру, обладающую большим преимуществом, так как криволинейные поверхности башен и покрытий образовывались из прямых стержней. Главным достоинством этих конструкций было то, что они примерно в два раза легче таких же конструкций других систем [1]. Шухов разработал три типа металлических стержневых конструкций, в основе которых лежит принцип гиперboloида вращения (пространственная решетчатая поверхность формируется путем вращения гиперболы вокруг ее оси), создающий особую пластику поверхности сетчатой гиперboloидной башни (пример: водонапорная башня высотой 32 м на Всероссийской промышленной и художественной выставке 1896 г. в Нижнем Новгороде) (рис. 1а цв. вклейки); радиобашня на Шаболовке в Москве, 1922 г. (патент Российской империи № 1896 от 12 марта 1899 года) (рис. 1б цв. вклейки); металлические висячие (вантовые) покрытия (примеры: прямоугольный, круглый и овальный выставочные павильоны на Всероссийской промышленной и художественной выставке 1896 г. в Нижнем Новгороде) (рис. 1в цв. вклейки) и арочно-сводчатые сетчатые оболочки-покрытия (пример: цеха Выксунского металлургического завода, 1897–1898 гг.) (рис. 1г цв. вклейки). Эти новые конструктивные системы отвечали эстетике новой эпохи [2]. Изобретения В. Г. Шухова в конце XIX в. не имели аналогов в других странах и стали настоящими инженерными открытиями. Работы Шухова получили международное признание, о чем свидетельствует присужденная его конструкциям золотая медаль на Всемирной выставке в Париже в 1900 году. В конце XIX и в первой трети XX вв. на территории Российской империи и в СССР по проектам В. Г. Шухова было построено более 200 сооружений из несущих сетчатых оболочек. В первой половине XX века сетчатые конструкции несущих оболочек мало использовались из-за сложности их расчета без применения компьютеров [3].

Во второй половине XX века с появлением новых возможностей, связанных с научно-техническим прогрессом, архитекторы-лидеры новаторского стиля хай-тека, такие как: Бакминстер Фуллер, Фрей Отто, Норман Фостер, Ричард Роджерс вдохновлялись творениями XIX в. русского инженера В. Г. Шухова и активно внедряли сетчатые оболочки в свои проекты, трансформируя их в новом ключе. В начале XXI в. благодаря использованию компьютерных моделей несущих конструкций сетчатые металлические оболочки стали одним из главных средств формирования зданий современных архитектурных направлений.

Шуховские стальные сетчатые конструкции сегодня – это основное творческое средство архитектуры хай-тека, претендующей на доминирование в XXI веке, создавая основу для новейшей архитектуры не только в формообразовании, но и в развитии инженерных технических систем зданий, обеспечивающих соответствие внутренней среды зданий высоким экологическим стандартам [3]. Внедрение этих принципов в архитектуру привело к возникновению чрезвычайно серьезной и очень элегантной архитектуры хай-тека, признанным лидером которой стал британский архитектор лорд Норман Фостер [4]. В своих произведениях Фостер часто обращается к шуховским металлическим конструкциям для создания уникальных архитектурных сооружений. «Шухов – один из моих героев!» – говорил в своих многочисленных интервью Норман Фостер. Сетчатые металлические конструк-



ции также используют в своем творчестве знаменитые архитекторы-лауреаты престижной Притцкерской премии в области архитектуры: Йо Минг Пей, Фрэнк Гери, Поль Андре, Ренцо Пьяно, Заха Хадид, Максимилиан Фуксас, Рем Кулхас и другие.

Стальные сетчатые оболочки в настоящее время позволяют создавать сооружения очень сложной формы, включая телебашню в Гуанчжоу (Кантон Тауэр) в Китае (арх. М. Хемел и Б. Куит, 2009 г.). Это самая высокая башня в Китае и самая высокая телебашня в мире. Высота телебашни составляет 600 метров. Сетчатая оболочка башни выполнена из стальных труб большого диаметра. Башню венчает стальной шпиль высотой 160 метров. Конструкция является комбинацией гиперболоидной сетчатой оболочки и центрального ядра. Нижнее и верхнее сечение имеют форму эллипсов, они повернуты относительно друг друга на 45 градусов. Этот поворот и создает грациозную динамическую форму из стальных труб, обладающую изящным силуэтом. Изобретения Шухова вдохновляют не только функциональностью, но и своим внешним видом (рис. 2а, б цв. вклейки).

Национальный оперный театр в Пекине овальной формы (арх. П. Андре, 2007 г.) называют «жемчужиной», расположенной в водоеме прямоугольной формы. И здание, и водоем должны, по замыслу французского архитектора Поля Андре, напоминать о древнем китайском космологическом символе Земли и Неба – вписанном в квадрат круге. В здании хорошо прочитывается устройство купола-оболочки, образованного 148 стальными фермами. Толщина перемины – около 3 метров, она создает решетчатую стержневую структуру, на которую и навешена облицовка. С одной стороны, куполообразная конструкция облицована титановыми пластинами и стеклянными панелями, что вписывает ее в современный облик города и выделяет на фоне старых жилых домов, с другой – проход в здание национального центра исполнительских искусств осуществляется через прозрачный туннель, проходящий под озером площадью 35 500 кв. м, которым оно окружено. Отражение в воде добавляет образу «здания-яйца» законченность (рис. 3а, б цв. вклейки).

Международный медиа-центр «Феникс» в Пекине (арх. группа B|A|D, 2012 г.), (рис. 4а, б цв. вклейки) представляет собой здание в виде округлой стальной оболочки диаметром около 140 м, внутри которой создано огромное пространство, которое позволяет организовывать различные функциональные зоны. Сама динамичная скульптурная форма гигантского кольца неправильной формы представляет внешнюю оболочку из двойного слоя стальных конструкций (что уменьшает потребление энергии на обогрев и охлаждение), расположенных по спирали. Ее называют огромной Лентой Мебиуса, которая позволяет сформировать футуристический архитектурный дизайн. Гигантская округлая оболочка из стали и стекла эффективно противостоит сильным ветрам и является ярким примером новых инженерных возможностей и представляет один из новых вариантов стиля хай-тек, а именно: био-тек.

Небоскреб “*Mary-Axe*” в Лондоне (арх. Н. Фостер, 2004 г.) стал символом современного города. Он по форме напоминает гигантский огурец, который выстроен в виде сетчатой оболочки с центральным ядром. Сетка состоит из прямых стержней, которые смещаются на каждом следующем этаже, создавая спираль. Поверхность здания в виде веретена не позволяет ветровым потокам стекать вниз, а естественное движение воздуха создает постоянную разницу давлений у разных фасадов. Таким образом, здание вентилируется естественным путем, что значительно экономит энергопотребление (рис. 5а, б цв. вклейки) [4]. Экологическая составляющая присуща практически всем зданиям, выполненным в стиле хай-тек.

Уникальное офисное здание сферической формы, получившее название

**К СТАТЬЕ О. В. ТЕРЕБИКИНОЙ
«ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ИНЖЕНЕРА В. Г. ШУХОВА
НА ФОРМООБРАЗОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ В СТИЛЕ ХАЙ-ТЕК»**

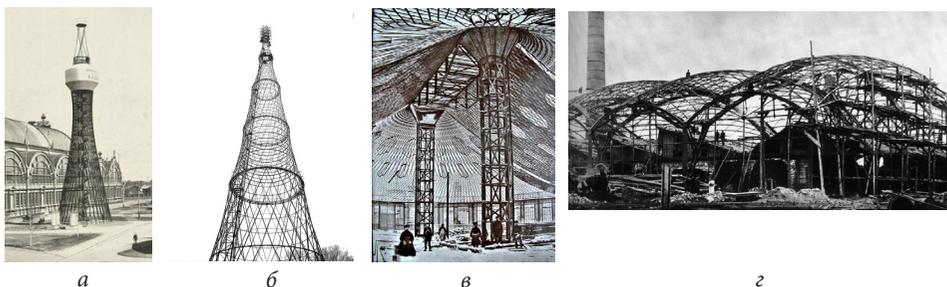


Рис. 1: *a* – водонапорная башня в Н. Новгороде, 1896 г., инж. В. Г. Шухов; *б* – радиобашня на Шаболовке в Москве, 1922 г., инж. В. Г. Шухов; *в* – выставочный павильон на ВПХВ, 1896 г., инж. В. Г. Шухов; *з* – перекрытие листопркатного цеха в Выксе, 1898 г., инж. В. Г. Шухов

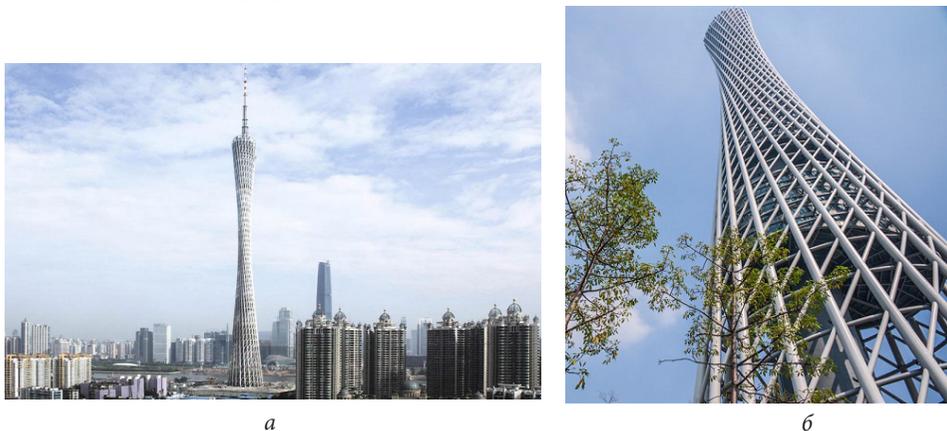


Рис. 2: *a* – Телебашня в Гуанчжоу (Китай), 2009 г., арх. бюро ИВА; *б* – вид на конструкцию телебашни

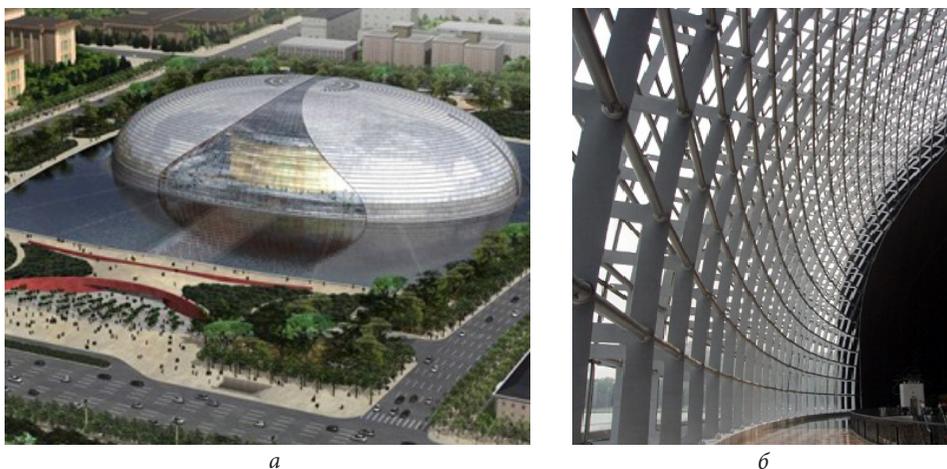


Рис. 3: *a* – Национальный оперный театр в Пекине, 2007 г., арх. П. Андре; *б* – интерьер: фрагмент сетчатой оболочки купола



a

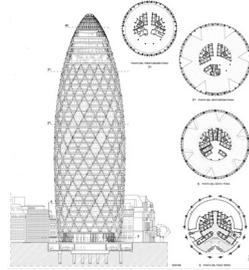


б

Рис. 4: *a* – Медиа-центр «Феникс» в Пекине, 2010 г., арх. бюро "BIAD UFO"; *б* – вид оболочки



a



б

Рис. 5: *a* – небоскреб Мэри-Экс в Лондоне, 2001 г. арх. Н. Фостер; *б* – фасад, планы (чертежи)



a

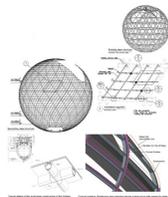


б

Рис. 6: *a* – коммерческое здание-яйцо в Мумбае (Индия), 2010 г., арх. Дж. Лоу; *б* – фрагмент оболочки



a



б



в

Рис. 7: *a* – Выставочный павильон «Нур Алем» в г. Нур-Султан, 2017 г., арх. Э. Смит; *б* – структура павильона (чертежи); *в* – фрагмент интерьера



a



б

Рис. 8: *a* – Штаб-квартира компании Масдар (ОАЭ), 2009 г., арх. Э. Смит; *б* – разрез



«кибер-яйцо» построено в индийском городе Мумбаи (арх. Дж. Лоу, 2010 г.) (рис. 6а, б цв. вклейки). Такая форма выбрана в соответствии с авторской концепцией, которая состоит в том, что объект представляет символ зарождения и развития жизни, потенциала и возможностей, возрождение природы. Сферическая поверхность выполнена в виде сетчатой стальной оболочки, подобной геодезическим куполам, которая формирует пространственную структуру и имеет покрытие из стекла. Здание также является примером архитектуры хай-тек начала XXI в. Огромное «здание-яйцо» также решает проблемы возобновляемой экосистемы. Здание благодаря солнечным панелям и воздушным турбинам самогенерирует электричество. Внутри сооружения располагаются сады, также способствующие охлаждению здания [5].

Выставочный павильон «Нур Алем» на ЭКСПО-2017 в г. Астане (ныне г. Нур-Султан) (арх. Бюро SOM: арх. Э. Смит, Г. Гилл) (рис. 7а, б цв. вклейки) представляет собой уникальное по технологической сложности сооружение в виде шара диаметром 80 м и высотой 93 м. Он был символом международной выставки. Фотоэлектрические панели обеспечивают здание электроэнергией. Здание имеет 8 этажей. Металлическая сетчатая оболочка сферы остеклена. Здесь были применены гнутые стеклянные поверхности. По окончании выставки павильон стал работать в качестве научно-технологического музея Казахстана. «В Музее будущего продемонстрированы основные виды энергии – космоса, солнца, биомассы, ветра, воды и кинетики» [6]. Использование патентов В. Г. Шухова в металлических сетчатых оболочках, которые основаны на диагональных сетчатых конструктивных модулях несущих внешних оболочек сооружений, наблюдается во всех технологически развитых странах мира. Данные конструкции составляют основу многих знаменитых зданий XXI века. При этом ведущие архитекторы за рубежом широко применяют сетчатые оболочки для создания сложных по форме, порой аморфных сооружений, обладающих большой архитектурной выразительностью и фантазией [7].

Штаб-квартира энергетической компании “Masdar” в ОАЭ недалеко от столицы Абу-Даби (арх. Э. Смит, проект 2006 г.) – крупное многофункциональное сооружение. Оно запроектировано в строящемся экспериментальном эко-городе Масдар в условиях пустыни, где все сориентировано на инновационные технологии. Здание состоит из металлической волнообразной сетчатой оболочки с огромными гиперболоидными сетчатыми башнями (на основе идей В. Г. Шухова), которые выполняют функцию опор плоской кровли и играют роль световых колодцев, обеспечивающих естественную вентиляцию здания, что соответствует традиционным арабским приемам в архитектуре. Комплекс в стиле хай-тек, наряду с офисами, включает жилье, магазины и кафе, сады и молельный зал, а также имеет доступ к городской экологической транспортной системе. Он будет потреблять на 70 % меньше воды, чем стандартная постройка такого же размера. Здесь предусмотрена также система охлаждения воздуха в подземных емкостях, сады внутри здания и на перекрытии верхнего этажа. Система остекления позволит проникать в здание свету, но не теплу солнца. Солнечная батарея на кровле, одна из крупнейших в мире, позволит вырабатывать 103 % электроэнергии, необходимой зданию (рис. 8а, б цв. вклейки) [8].

В ряде случаев повышение сейсмоустойчивости зданий стало одной из причин использования сетчатых оболочек В. Г. Шухова в XXI веке. Другая причина – это возможность формообразования новых архитектурных и сложных скульптурных форм с использованием шуховских сетчатых стальных конструкций (конических, купольных, кривых, сферических и наклонных), которые являются основой



сетчатых оболочек, создающих любую кривизну поверхности любых форм [9]. Экологичность зданий и сооружений, построенных с использованием сетчатых конструкций инженера В. Г. Шухова доказана шедеврами архитектора Нормана Фостера. Во многих публикациях о его зданиях неоднократно подчеркивается снижение текущих энергозатрат на освещение и кондиционирование воздуха вследствие применения данных конструкций. Они упрощают использование термоэлектрических нитей, вплетенных в шуховские несущие сетчатые оболочки, для охлаждения или нагрева внутренних пространств зданий [10]. Сетчатая конструкция обеспечивает несложное использование избыточной солнечной энергии для регулирования внутреннего микроклимата по технологиям пассивных домов. Доминирование сетчатых оболочек как творческого средства архитектуры хай-тека в XXI веке сложно не заметить [11]. Органичное сочетание сетчатых стальных оболочек, высоких строительных технологий и современных систем инжиниринга зданий стали фундаментом для высокотехнологичной архитектуры хай-тек, которая в дальнейшем образует архитектуру будущего [12]. Сохранившиеся несущие сетчатые оболочки В. Г. Шухова остаются прототипами для новационных уникальных архитектурных форм и конструктивных решений в современной архитектуре, которые актуальны в настоящее время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смурова, Н. А. Эволюция инженерной формы гиперboloида вращения в творчестве В. Г. Шухова / Н. А. Смурова. – Текст : непосредственный // Проблемы истории советской архитектуры. – Москва, 1976. – № 2. – С. 15–17.
2. Фонд Шуховская башня. – URL: <http://shukhov.ru/> (дата обращения: 4.11.2019). – Текст : электронный.
3. Красильникова, Н. Гиперboloид инженера Шухова: Что происходит с башней на Шаболовке / Н. Красильникова. – URL: <http://www.the-village.ru/village/city/architecture/140143-chto-proishodit-s-shuhovskoy-bashney> (дата обращения 4.11.19). – Текст : электронный.
4. Виноградова, Т. П. Творения инженера Владимира Шухова на нижегородской земле / Т. П. Виноградова. – Текст : непосредственный // The soviet heritage and european modernism. – Berlin, 2007. – С. 96–101.
5. Шухова, Е. М. Владимир Григорьевич Шухов. Первый инженер России / Е. М. Шухова. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 366 с. : ил. – ISBN 5-7038-2295-5. – Текст : непосредственный.
6. Гид по ЭКСПО-2017. – URL: <https://www.buro247.kz/buro-choise/events/gid-po-eks-po-2017-chto-iz-sebya-predstavlyayet-pavilon-nur-alem.html> (дата обращения: 4.11.2019). – Текст : электронный.
7. Оболочечные структуры для архитектуры: поиск и оптимизация форм / С. Адриансенсен, П. Блок, Д. Венендал, С. Williams. – Лондон : Нью-Йорк : [б. и.], 2014. – 340 с. – Текст : непосредственный.
8. Architecture week. – URL: http://www.architectureweek.com/2001/0214/design_1-1.html (дата обращения 4.11.19). – Text: electronic.
9. Pawers, Alan. Britain: Modern architectures in history / Alan Pawers. – Great Britain : Reaktion Books, 2007. – 304 p. – Text: electronic.
10. Архитектурная сетка. – URL: <https://www.weavingarchitecture.com/en/> (дата обращения 4.11.19). – Текст : непосредственный.
11. Landscape and Structural Architecture Projects Foster + Partners. – URL: <https://www.fosterandpartners.com/projects/> (дата обращения 4.11.19). Text: electronic.
12. Umemoto, N. Atlas of novel tectonics / N. Umemoto, J. Reiser. – New York : Princeton Architectural Press, 2006, 288 p. – Text: electronic.



TEREBIKINA Olga Vladimirovna, postgraduate student of the chair of architectural design

INFLUENCE OF STRUCTURES BY ENGINEER V. G. SHUKHOV ON THE FORMATION OF THE HI-TECH STYLE IN ARCHITECTURE

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

Key words: architecture, hi-tech, mesh shell, hyperboloid, rod structures, engineer V. G. Shukhov.

The influence of the designs by engineer V. G. Shukhov on the development of the latest modern high-tech architecture is examined. Particular attention is paid to the analysis of unique buildings and structures abroad, carried out according to the projects of high-tech style leaders, in which the hyperboloid rod and mesh metal structures of the Russian engineer-inventor participate in their shaping.

REFERENCES

1. Smurova N. A. Evolyutsiya inzhenernoy formy giperboloida vrascheniya v tvorchestve V. G. Shukhova [Evolution of the engineering form of the hyperboloid of revolution in the work of V. G. Shukhov] // Problemy istorii sovetskoy arkhitektury [Problems of the history of Soviet architecture]. Moscow, 1976. № 2. – P. 15–17.
2. Fond Shukhovskaya bashnya [Shukhov Tower Foundation]. URL: <http://shukhov.ru/> (data obrascheniya: 4.11.2019).
3. Krasilnikova N. Giperboloid inzhenera Shukhova: Chto proiskhodit s bashney na Shabalovke [Hyperboloid of engineer Shukhov: What happens to the tower on Shabalovka]. URL: <http://www.the-village.ru/village/city/architecture/140143-cto-proishodit-s-shuhovskoy-bashney> (data obrascheniya 4.11.19).
4. Vinogradova T. P. Tvoreniya inzhenera Vladimira Shukhova na nizhegorodskoy zemle [Creations of engineer Vladimir Shukhov on the Nizhny Novgorod land] // The soviet heritage and European modernism // Berlin, 2007. P. 96–101.
5. Shukhova E. M. Vladimir Grigorevich Shukhov. Pervy inzhener Rossii [Vladimir Grigorevich Shukhov. The first engineer of Russia]. Moscow: Izd-vo MGTU im. N. E. Baumana, 2003. 366 p.: il. ISBN 5-7038-2295-5.
6. Gid po EKSPO-2017 [Guide to EXPO-2017]. URL: <https://www.buro247.kz/burochoise/events/gid-po-ekspo-2017-cto-iz-sebya-predstavlyaet-pavilon-nur-alem.html> (data obrascheniya: 4.11.2019).
7. Adriaenssens S., Block P., Veenendaal D., Williams C. Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization. London, New York: Routledge, 2014, 340 p.
8. Architecture week. URL: http://www.architectureweek.com/2001/0214/design_1-1.html (data obrascheniya 4.11.19).
9. Pawers Alan. Britain. Modern architectures in history. Great Britain, Published by Reaktion Books Ltd, 2007, 304 p.
10. Arkhitekturnaya setka [Architectural grid] – URL: <https://www.weavingarchitecture.com/en/> (data obrascheniya 4.11.19).
11. Landscape and Structural Architecture Projects Foster + Partners – URL: <https://www.fosterandpartners.com/projects/> (data obrascheniya 4.11.19).
12. Umemoto N., Reiser J. Atlas of novel tectonics / New York: Princeton Architectural Press, 2006, 288 p.

© **О. В. Тербикина, 2020**

Получено: 14.12.2019 г.



УДК 711.55

**Н. А. ЛЕКАРЕВА¹, канд. архитектуры, проф. кафедры градостроительства;
О. Н. ВОРОНЦОВА², ст. преп. кафедры архитектуры**

РЕАБИЛИТАЦИЯ ДЕПРЕССИВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КОММУНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ГОРОДА

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194. Тел.: 89276577429;

e-mail: nalec1950@bk.ru

²ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

Россия, 460000, г. Оренбург, пр-т Победы, 13. Тел.: 898787862807;

e-mail: belaya_vorona_07@mail.ru

Ключевые слова: территории коммунального назначения, городское коммунальное хозяйство, депрессия.

Рассмотрены территории коммунального назначения, депрессивность и виды депрессий; сформулировано понятие депрессивной территории и депрессивной территории коммунального назначения. Предложена типология депрессивных территорий коммунального назначения.

Любая градостроительная система, находясь в постоянном развитии, одновременно содержит в себе неизменяемые в течение долгого времени компоненты планировочной структуры. Функциональная зона, закреплённая в пространственной структуре города за конкретной территорией, обладает определённой степенью инертности – её переориентация возможна только при условии радикальных перемен в застройке города.

Архитектурно-градостроительные мероприятия, проводимые с целью повышения комплекса качественных характеристик территорий города, включающих различные функциональные зоны, затрагивают территории коммунального назначения города, требующие улучшения их состояния.

Территории коммунального назначения относятся к коммунальному хозяйству города. В свою очередь, коммунальное хозяйство является «совокупностью предприятий служб и хозяйств по обслуживанию населения городов» [1]. В структуре города коммунальное хозяйство является частью городского хозяйства наряду с комплексом служб, обеспечивающих повседневные бытовые и социально-культурные нужды жителей (жилищное хозяйство, бытовое обслуживание) [1].

В современной терминологии чаще употребляется понятие «жилищно-коммунальное хозяйство». Однако, по мнению многих ученых, такой термин вообще отсутствует в нормативной и правовой базах. По сути, в этом сочетании объединены два разрозненных понятия: «жилищное хозяйство» и «коммунальное хозяйство» [2]. В статье рассматривается коммунальное хозяйство без характеристик, свойственных жилищному хозяйству.

На основе анализа классификации объектов коммунального хозяйства (Пупырев Е. И.; Шкода Т. А.; Бузырев В. В. и Чекалин В. С.; Зотова В. Б.) представляется возможным выделить ключевые территории коммунального назначения, которые будут исследоваться как преимущественно депрессивные территории города. Среди них можно выделить:

- территории складских комплексов и городская торговля (рынки);



- кладбищенские комплексы и крематории;
- территории, занятые транспортными предприятиями и инженерными сооружениями дорожной сети;
- энергетические предприятия, санитарно-технические предприятия и инженерные сети;
- санитарно-защитное озеленение, лесополосы;
- территории утилизации отходов (мусороперерабатывающие заводы, свалки, площадки бытовых отходов).

Итак, **территории коммунального назначения (ТКН) представляют собой совокупность архитектурно-ландшафтных объектов городского пространства, включающих территории и здания, которые находятся в пользовании коммунального хозяйства города** [3].

Понятие «депрессивности» территорий складывается из совокупности различных видов депрессии, требующих разъяснения.

Экономическая депрессия. Термин «депрессия» пришел в различные сферы жизни из экономической теории. Само понятие «депрессия» (от лат. depression – «спад», «подавление») представляет собой некий застой, упадок, снижение в развитии и хозяйственной жизни [4, 5]. В рамках данного исследования экономическая депрессия (ЭкД) будет пониматься как сильная рецессия экономического состояния, характеризующая спад хозяйственной жизни и развития. Это спад экономических показателей, застой и затяжная неопределенность в развитии производственной и хозяйственной жизни.

Социальная депрессия является одним из следствий экономической депрессии и представляет собой состояние, при котором «значительная часть населения ... теряет желание что-то менять, не способна самостоятельно адаптироваться к новым реалиям» [6].

Таким образом, результатом социальной депрессии может стать деградация восприятия социальных ценностей, социальных норм поведения и восприятия окружающей среды.

Архитектурная депрессия (АрхД) – это в первую очередь состояние физического и морального износа объекта архитектуры (архитектурной оболочки, конструктивной и объемно-планировочной системы), а также архитектурно-пространственная среда низкого качества, которая вызывает депрессию.

Ландшафтная депрессия (ЛД) – это деградация природного рельефа, почв, воды, животного и растительного мира, а также упадочное состояние городской ландшафтной архитектуры, негативно влияющей на человека.

Визуальная депрессия. Понятие визуальной депрессии тесно связано с визуальной экологией или видеоэкологией. Нарушение визуальной экологии, однородность или агрессивность окружающей среды ведут к развитию визуальной депрессии. Визуальная депрессия (ВД) – это нарушение визуальной экологии, приводящее к дисгармонии окружающей среды и оказывающее негативное влияние на человека.

Эниологическая депрессия (ЭД) – это систематическое нарушение энергоинформационных связей между архитектурными объектами и человеком, городским пространством и человеком в связи с современным развитием города и отсутствием согласованности между архитектурой и окружением, в которое она встраивается.

С точки зрения архитектуры **депрессивной территорией (ДТ) будет являться такое пространство, на котором наблюдается «длительное снижение показателей качества среды»** [7]. При этом выделяются следующие признаки депрессив-



ности: физический и моральный износ зданий, наличие на территории заброшенных зданий, а также ветхого жилья и участков нарушенного ландшафта.

Возможностью выхода из депрессии для территории коммунального назначения может явиться реализация потенциала данной территории [8]. Выбор способов и приемов реализации этого потенциала, определяющих перспективы развития территории, может быть определен с учетом их уровня депрессивности.

На определение уровня депрессивности влияет оценка качества городской среды района, в котором территориально находится объект коммунального назначения, и наличие потенциальных резервных территорий для развития. Оценка формируется на основе квалиметрического подхода и включает систему показателей, среди которых:

- результаты социального опроса населения, представленные в анкете «Оценка участков городской среды»;
- анализ качества городской среды районов, состоящий, в свою очередь, из ряда показателей;
- экспертная оценка (оценка специалистов Союза архитекторов России, анкета «Оценка уровня депрессивности объектов города»).

Социальный опрос является не только первостепенным фактором для оценки качества среды, поскольку население является прямым пользователем городской среды, но и интерактивным способом общения с населением, позволяющим узнать реальное мнение по заданным вопросам.

Оценка качества среды территорий строится на определении средовых характеристик каждого района для последующего выявления возможного уровня их депрессивности. Все критерии были представлены в пяти категориях, в каждой из которых оценивались соответствующие показатели: транспортная структура, культурно-бытовое обслуживание, спрос на жилье, территориальные ресурсы для развития, ландшафтно-экологические характеристики среды.

В качестве экспертов для оценки уровня депрессивности коммунальных объектов городской среды можно привлечь членов Регионального Союза Архитекторов.

Попыткой решения проблем с депрессивными территориями во многих странах стал принцип зонирования, в рамках которого территории коммунального назначения вынесены в отдельную зону [9]. Однако практически во всех городах территориальная принадлежность к разным функциональным зонам города не позволяет их объединение в единую зону. Специфические характеристики, присущие этим территориям, позволили вывести классификацию территорий коммунального назначения по:

1) размещению в различных функциональных зонах территорий коммунального назначения:

- территории коммунального назначения в жилых зонах;
- территории коммунального назначения в общественно-деловых зонах;
- территории коммунального назначения в производственных зонах;
- территории коммунального назначения в инженерных зонах;
- территории коммунального назначения в транспортных зонах;
- территории коммунального назначения в зеленых зонах;
- территории коммунального назначения в зонах специального использования.

2) локализации территорий коммунального назначения относительно центра города: в историческом ядре города, в административном центре города, в срединной части города, в периферийной части города.

3) иерархии территорий коммунального назначения:



Макроуровень территорий коммунального назначения в пределах города образуется из пространственных объектов, территорий санитарно-защитного озеленения и территорий городского ландшафта, занятых коммунальным хозяйством. Такие объекты, находящиеся в пределах города, из-за обширных пространств имеют продолжительную пограничную зону.

Мезоуровень территорий коммунального назначения в пределах города представляет среду, образованную средними и крупными предприятиями, активно участвующими в формировании линии застройки улиц и оказывающие влияние на город в целом. Такие объекты часто расположены в узловых точках городской структуры.

Микроуровень территорий коммунального назначения в пределах города характеризуется тем, что отдельные объекты малых предприятий образуют локальное «интерьерное» пространство. Такое пространство как контактная среда отвечает психофизиологическим параметрам человеческого восприятия [9].

4) видам депрессивности территории коммунального назначения могут быть дифференцированы на:

- территории с экономической депрессией;
- территории с социальной депрессией;
- территории с архитектурной депрессией;
- территории с ландшафтной депрессией;
- территории с визуальной депрессией;
- территории с энеологической депрессией.

Выявленная классификация депрессивных территорий по функциональной принадлежности, по градостроительной локализации, по иерархии образований, по видам депрессии способствует разработке более эффективных приемов реабилитации.

Анализ отечественного и зарубежного опыта реабилитации депрессивных территорий демонстрирует постоянный поиск новых направлений, среди которых: реконструкция, модернизация, реновация, ревитализация, джентрификация и новое строительство. Зарубежный опыт, в отличие от отечественного, является более прогрессивным за счет более радикальных приемов реабилитации коммунальных территорий и активной коммерческой финансовой поддержки.

Учет видов депрессивности территорий и предложенные принципы их реабилитации в перспективе позволят осуществить научно обоснованные эффективные мероприятия по оптимизации использования территорий коммунального назначения.

На примере крупного экономического центра Южного Урала – города Оренбурга – была проведена оценка уровня депрессивности объектов коммунального назначения. По результатам оценки Южный и Западный районы города Оренбурга оказались наиболее депрессивными. В Южном районе имеются значительные территориальные резервы для новой застройки за счет ликвидации или реконструкции морально и физически устаревших объектов промышленности. Этот фактор, безусловно, повышает реабилитационные возможности территории района.

Перспективы реабилитации наиболее депрессивного Западного района базируются на принципах и приемах развития, разработанных в специальной градостроительной стратегии (таблица).



Принципы стратегического развития Западного района г. Оренбурга

| Принцип опережающего развития транспортной инфраструктуры | Принцип повышения экологических качеств района | Принцип экономического роста и инвестиционной привлекательности района и города Оренбурга | Принцип повышения комфортности проживания и социо-культурных качеств среды города |
|---|--|--|---|
| Концепция организации транспорта на территории: – обеспечение эффективной, безопасной и комфортной инфраструктуры, позволяющей достигнуть качественного уровня доступной городской среды. Среди мероприятий можно отметить: – реконструкцию основной транспортной магистрали района; – внедрение на территорию Западного района новых видов электротранспорта; – создание безопасных надземных и подземных пешеходных связей; – ограничение проезда большегрузного транспорта | В рамках реализации проекта «Формирование комфортной городской среды на 2018–2022 годы» проводить развитие озеленения района согласно концепции архитектора И. В. Рянгина «Город-сад»: – формирование доступной среды и системы озеленения; – благоустройство поймы рек Сакмары и Урала; – формирование «Зеленых коридоров» | Модернизация промышленных предприятий и реабилитация депрессивных территорий; создание новых рабочих мест для населения Западного планировочного района; развитие туризма в городе Оренбурге | Увеличение и реконструкция жилого фонда, насыщение его объектами культурно-бытового обслуживания; восстановление историко-культурного наследия; комплексная ландшафтно-экологическая реконструкция территории |

Следование градостроительной стратегии, включающей не только средства и приемы реабилитации, но и перспективы преодоления застойных депрессивных явлений обеспечит дальнейшее повышение потребительских качеств городской среды и поможет преодолеть эти явления в выявленных районах Оренбурга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большая советская энциклопедия : в 30 томах / главный редактор А. М. Прохоров. – 3-е изд. – Москва : Советская энциклопедия, 1969–1978. – Том 12. – Текст : непосредственный.
2. Шкода, Т. А. Анализ терминологического аппарата сферы жилищно-коммунального хозяйства / Т. А. Шкода. – Текст : непосредственный // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2016. – № 1 (25). – С. 72.
3. Воронцова, О. Н. Актуальность проблемы депрессивных территорий коммунального назначения в структуре города / О. Н. Воронцова. – Текст : непосредственный //



Проблемы современного высшего профессионального образования в области строительства, архитектуры и дизайна : материалы Всероссийской научно-методической конференции / Оренбургский государственный университет. – Оренбург, 2016. – С. 381.

4. Словарь бизнес-терминов. – URL: <http://sbiblio.com/biblio/content.aspx?dictid=172&wordid=1261867> (дата обращения: 15.02.2018). – Текст : электронный.

5. Аганбегян, А. Г. Уроки кризиса: России нужна модернизация и инновационная экономика / А. Г. Аганбегян. – Текст : непосредственный // ЭКО. – 2010. – № 1. – С. 34–61.

6. Турков, А. Последствия экономического кризиса и социальная депрессия / А. Турков, Е. Булатова. – Текст : непосредственный // Человек и труд. – 2008. – № 7. – С. 15.

7. Лосевская, О. Д. История появления «Депрессивных» пространств в центральной части г. Новосибирска / О. Д. Лосевская. – Текст : непосредственный // Баландинские чтения / Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств. – 2014. – Т. 9, № 3. – С. 231–237.

8. Психология городского пространства / Архитектурный совет г. Москвы. – URL: <http://archsovet.msk.ru/article/gorod/psihologiya-gorodskogo-prostranstva> (дата обращения: 11.03.2018). – Текст : электронный.

9. Лазарева, О. Д. Динамический подход в анализе качества городского пространства / О. Д. Лазарева. – Текст : непосредственный // Творчество и современность. – 2017. – № 1 (2). – С. 82.

10. Ушкин, Д. И. Контактная среда: классификация типов / Д. И. Ушкин. – Текст : электронный // Архитектон: известия вузов. – 2008. – № 22. – URL: http://archvuz.ru/2008_22/40 (дата обращения: 02.05.2018).

LEKAREVA Nina Afanasevna¹, candidate of architecture, professor of the chair of urban planning; VORONTSOVA Olesya Nikolaevna², senior teacher of the chair of architecture

REHABILITATION OF COMMUNAL DEPRESSED AREAS IN THE CITY STRUCTURE

¹Samara State Technical University

194, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443001, Russia. Tel.: +7 9276577429;

e-mail: nalec1950@bk.ru

²Orenburg State University

13, Pobedy Ave., Orenburg, 460000, Russia. Tel.: +7 98787862807;

e-mail: belaya_vorona_07@mail.ru

Key words: territory of municipal purposes, municipal utilities, depression.

The article deals with the territory of municipal purposes, depression and types of depression. On this basis, the concept of depressed areas and depressed areas of municipal purposes is formulated. Typology of depressed areas of municipal purposes is proposed.

REFERENCES

1. Bolshaya sovetskaya entsiklopediya [Great Soviet encyclopedia]: v 30 tomakh / glavnyy redaktor A.M. Prokhorov. 3-e izd. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya, 1969–1978. Tom 12.

2. Shkoda T. A. Analiz terminologicheskogo apparata sfery zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva [Analysis of the terminological apparatus of the sphere of housing and communal services]. MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie) [MIR (Modernization. Innovation. Research)], 2016, № 1 (25). P. 72.

3. Vorontsova O. N. Aktualnost' problemy depressivnykh territoriy kommunalnogo naznacheniya v structure goroda [Urgency of the problem of depressed territories of municipal



purposes in the city's structure]. Problemy sovremennogo vysshego professionalnogo obrazovaniya v oblasti stroitelstva, arkhitektury i dizayna [Problems of modern higher professional education in the field of construction, architecture and design]. Materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii. Orenbur. gos.un-t. Orenburg, 2016. P. 381.

4. Slovar biznes-terminov (Dictionary of business terms). URL: <http://sbiblio.com/biblio/content.aspx?dictid=172&wordid=1261867> (data obrascheniya: 15.02.2018).

5. Aganbegyan A. G. Uroki krizisa: Rossii nuzhna modernizatsiya i innovatsionnaya ekonomika [Lessons from the crisis: Russia needs modernisation and an innovative economy]. EKO. 2010. № 1. P. 34–61.

6. Turkov A., Bulatova E. Posledstviya ekonomicheskogo krizisa i sotsialnaya depressiya [Consequences of the economic crisis and social depression]. Chelovek i trud [Man and work], 2008, № 7. P.15.

7. Losevskaya O. D. Istoriya poyavleniya "Depressivnykh" prostranstv v tsentralnoy chasti g. Novosibirsk [The history of the "Depressive" spaces in the central part of Novosibirsk]. Balandinskie chteniya [Balandin readings], 2014. Vol. 9. № 3. P. 231–237.

8. Psikhologiya gorodskogo prostranstva [Psychology of urban space]. Arkhitekturny sovet g. Moskvy. URL: <http://archsovet.msk.ru/article/gorod/psikhologiya-gorodskogo-prostranstva> (data obrascheniya: 11.03.2018).

9. Lazareva O. D. Dinamicheskiy podkhod v analize kachestva gorodskogo prostranstva [Dynamic approach to the analysis of the quality of urban space]. Tvorchestvo i sovremennost [Creativity and modernity], 2017, № 1 (2). P. 82.

10. Ushkin D. I. Kontaktnaya sreda: klassifikatsiya tipov [Contact environment: classification of types]. Arkhitekton: izvestiya vuzov [Architecton: news of universities], 2008, № 22. URL: http://archvuz.ru/2008_22/40 (data obrascheniya: 02.05.2018).

© Н. А. Лекарева, О. Н. Воронцова, 2020

Получено: 07.11.2019 г.

УДК 711.554 (470.317)

О. В. ЛАПИНА, доц. кафедры архитектуры и изобразительных дисциплин

АУТЕНТИЧНОСТЬ И АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА КОСТРОМСКОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ЗАВОДА Д. П. ШИПОВА 1852 ГОДА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИИ

ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»

Россия, 156530, Костромская обл., Костромской р-н., п. Караваяво, ул. Учебный городок, д. 34.
Тел.: (4942) 65-75-97; факс: (4942) 65-75-99; эл. почта: van@ksaa.edu.ru

Ключевые слова: заводской корпус, фабрично-заводской комплекс, механический завод, квартал, аутентичность.

Приведены результаты исследования формирования исторического квартала, в котором ранее располагался механический завод Д. П. Шипова 1857 года в г. Костроме. Выявлены четыре основных этапа развития территории. На основе выявленных временных этапов и анализа расположения в них заводских корпусов проведен анализ аутентичности фрагмента стены завода Л. Б. Красина с располагавшимся ранее на том же месте бывшим корпусом механического завода Д. П. Шипова.



Кострома имеет богатую промышленную историю середины XIX – начала XX веков. В западной части города, на берегах рек Запрудня, Кострома и Волга к концу XIX века формируется крупный промышленный район, состоящих в основном из льнопрядильных и ткацких фабрик [1, 2]. Одним из самых первых на этой территории стал механический завод Дмитрия Павловича Шипова, основанный в 1852 году, давший возможность возникнуть остальным крупным фабричным комплексам (рис. 1 цв. вклейки).

Причиной возникновения завода стало желание изготавливать и продавать фабрикантам русские печатные валы для ситцепечатных фабрик, так как в последние годы второй четверти XIX века на подобных фабриках Московской и Владимирской губерний начали заменять ручной способ печатания ситцев машинным, для чего стали употреблять валы из тянутой красной меди. Так как выделка печатных валов до середины XIX века производилась только в Англии, Д. П. Шипов получил на производство в России пятилетнюю привилегию [3, с. 329].

За время существования завода на его территории находились следующие отделения: чугунно-литейное, сварочное и меднолитейное. Располагались также мастерские: столярная, котельная, кузнечная, механическая и мастерская медников. Шипов принадлежал к тому же кругу русских промышленников, что и Третьяковы, Морозовы, Рябушинские. Они группировались вокруг Ф. В. Чижова, крупного финансиста, ученого, мецената, видевшего в развитии отечественной промышленности будущее России [4]. В числе изделий механического завода Шипова оказались не только ситцепечатные валы для бумажных фабрик, запчасти для машин из меди и бронзы, паровые котлы, паропроводные и водопроводные трубы красной меди, плиты, решетки, лестницы, балконы, печи, а также пароходы, железные корпуса которых были возведены на берегу реки Запрудни [5; 6; 7; 8, с. 116–120]. На предприятии изготавливали и мебель для пароходов [3, с. 329–337; 9, с. 368–369; 10].

Помимо производственных корпусов, территория включала в себя и постройки гражданского назначения, такие как: жилой дом фабриканта, жилье для рабочих, сдаваемое в наем, баня и больница с аптекой. Вскоре около завода образовался новый фабричный городок с несколькими тысячами жителей [6, с. 52–55]. По данным статистики, на 1861 год число рабочих при заводе изменяется от 800 до 1400 человек. Завод Д. П. Шипова вполне можно охарактеризовать как полноценный фабрично-заводской комплекс, обладающий не только производством, но и инфраструктурой [3, с. 329–337; 11, с. 421–470; 12, с. 56–78; 13, с. 42–45].

При обследовании главного корпуса завода Л. Б. Красина в стене, со стороны ул. Речной (бывшей ул. Набережной), был замечен фрагмент более поздней кладки на первом этаже. Завод Л. Б. Красина создан на базе училища Чижова в 1932 году и располагается на бывшей территории завода Шипова. Обнаруженный фрагмент имеет перебитые арочные оконные проемы с полуциркульными архивольтами. Схожие элементы наблюдаются в чертежах фасада завода Шипова 1857 года [14], (рис. 2, 3, 4 цв. вклейки). Также существует гравюра неизвестного автора 1890 года, где в левом нижнем углу, за деревянными ангарами, находится идентичный по архитектуре объект (рис. 1 цв. вклейки).

В данной статье предпринята попытка выявления аутентичности обнаруженного фрагмента стены с корпусом бывшего завода Д. П. Шипова.

Архитектура заводского корпуса Шипова выполнена в стиле позднего классицизма, о чем свидетельствует симметричный фасад. Корпус имеет «Ж»-образную форму [15]. Основной объем здания, находящийся на главной оси здания, имеет один этаж, на котором располагается ряд вытянутых полуциркульных окон, кото-



рые визуально делают фасад выше. Легкость фасаду придают и узковатые простенки корпуса. Два выступающих ризалита имеют двухэтажный объем с такими же окнами по первому этажу. Второй этаж имеет прямоугольные оконные проемы. Ризалиты имеют протяженную форму по бокам. Торцы ризалитов, выходящие на главный фасад, имеют по три оси окон на каждом и заканчиваются фронтонами. Строительство завода вели русские инженеры-технологи: Вазинский, Дубровин, Орлов, Цыганов [10].

Для более детального изучения необходимо провести анализ территории, занятой заводом в разные годы.

Квартал, в котором располагался завод Д. П. Шипова, был ограничен улицами: с юга – ул. Московской (сейчас ул. Островского); с западной стороны – ул. Набережной (сейчас ул. Речной); с юго-восточной – ул. Кирпичной (сейчас пр. Терешковой); с северо-восточной стороны – ул. Константиновской (сейчас пр. Текстильщиков). Так как внутри этого квартала в разные годы территория постоянно меняла своих владельцев и свои очертания, для удобства каждое изменение будем считать этапом. С 1852 года по сегодняшний день насчитываются четыре этапа.

Первый этап охватывает период с 1852 до середины XIX века.

В 1857 году завод Шипова занимал территорию, ограниченную улицами с юго-восточной стороны: ул. Московской (сейчас ул. Островского), ул. Речной (ул. Набережной и пр. Красинский). С восточной стороны граничил с территориями: мещанина Баташникова, помещицы Очкасовой, мещанина Сахарова, мещанина Фомина, купца Солодовникова, территорией церкви и частью бывшей улицы Козьмодемьянской. С северной стороны граница проходила с землей Свешникова и купчихи И. Д. Поляковой [15, 16]. Надо отметить, что первым промышленным предприятием, «обосновавшимся» в этой части города, был колоколенный и по изготовлению медной посуды завод А. Г. Синцова, действовавший с 1789 года. Этот завод, по одним источникам, был приобретен в 1841 году юрьевецкой купчихой И. Д. Поляковой, устроившей на его территории свечной завод, по другим источникам – в 1840 годах принадлежал дочери Синцова купчихе Поповой и бездействовал. В 1850-х годах был куплен Д. П. Шиповым, переоборудовавшим его в машиностроительный завод. Его постройки использовались заводом Шипова, а позднее и мастерскими Чижовского училища. До нашего времени они не сохранились [17, с. 438–441; 18], (рис. 5 цв. вклейки).

Второй этап продлился с середины XIX века до 1890 года.

В середине XIX века территория завода занимала практически весь квартал за исключением территории, принадлежавшей Козьмодемьянской церкви (рис. 5 цв. вклейки). Этот этап был самым плодотворным, но оказался и последним для существования завода, так как в январе 1884 года предприятие прекратило свою деятельность. В русско-турецкую войну Шиповы заключили контракты на поставки для армии, оказавшиеся убыточными для завода, а в 1882 году Дмитрий Павлович Шипов скончался.

Третий этап начался с перепланировки квартала в 1892 году. Бывшие улицы Константиновская и Набережная слились под углом, разрезая территорию квартала на две части (сейчас это проезд Красинский) [19]. Северную часть отделившегося квартала приобрела самая крупная в Костроме льняная мануфактура Третьякова и Коншина, основанная в 1866 году [20, с. 279–294], а оставшуюся более крупную территорию в 1889–1890 годы приобретают душеприказчики Ф. Чижова (С. И. Мамонтов и А. Д. Поленов) под ремесленные мастерские технических училищ [20, с. 252–259; 21], (рис. 5, 6 цв. вклейки).

К СТАТЬЕ О. В. ЛАПИНОЙ
«АУТЕНТИЧНОСТЬ И АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА КОСТРОМСКОГО
МЕХАНИЧЕСКОГО ЗАВОДА Д. П. ШИПОВА 1852 ГОДА
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИИ»



Рис. 1. Механический завод Д. П. Шипова в Костроме. 1890-е гг. Гравюра

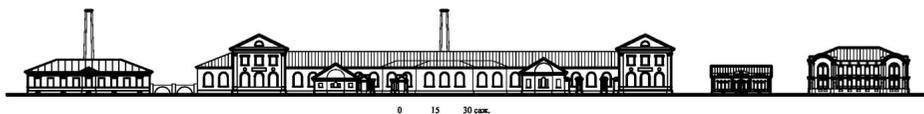


Рис. 2. Развертка фабрично-заводского комплекса по ул. Речной (ул. Ерохова).
Реконструкция автора

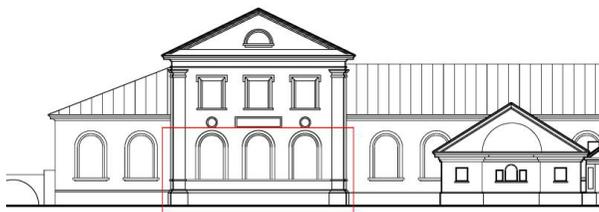


Рис. 3. Фрагмент исследуемой стены комплекса по ул. Речной (ул. Ерохова).
Реконструкция автора



Рис. 4. Фото фрагмента исследуемой стены завода Д. П. Шипова

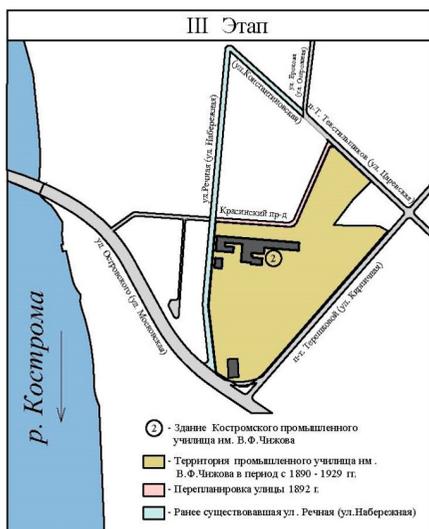
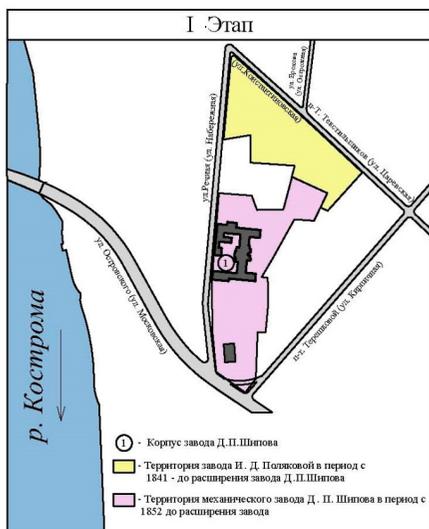


Рис. 5. Этапы развития территории завода Д. П. Шипова. Реконструкция автора

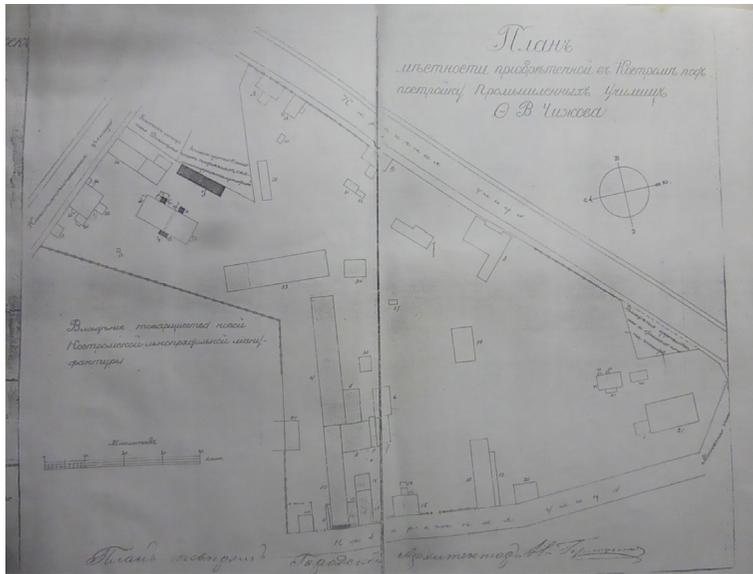


Рис. 6. План местности, приобретенной под постройку промышленного училища Ф. В. Чижова

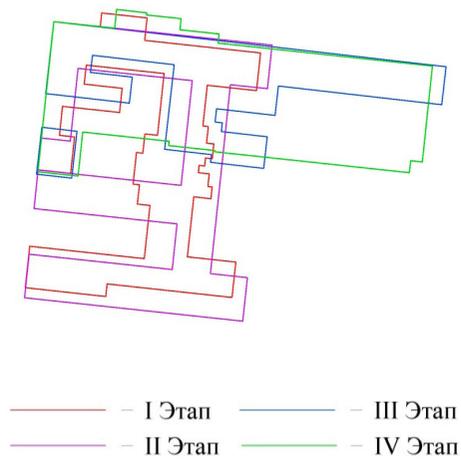


Рис. 7. План-схема наложения фабричных корпусов разных этапов



Четвертый этап наступает в 1935 году, когда западная часть училища Ф. В. Чижова преобразуется в завод имени Л. Б. Красина. В этот период происходит перестройка главного корпуса завода.

При наложении планов всех четырех исторических этапов и, сопоставив их с расположением нашего исследуемого фрагмента, замечаем, что этот фрагмент совпадает со зданием бывшего завода Шипова (рис. 7 цв. вклейки).

Архитектура фабричного корпуса Шипова, как мы уже рассматривали, выполнена в стиле позднего классицизма. Анализируя архитектурные детали, оставшиеся на изучаемом фрагменте и сравнивая их с архивными документами, наблюдается также их схожесть в элементах окон. Судя по фрагменту выявленной стены, фасад не был оштукатурен и оставался краснокирпичным, что характерно для фабричных построек того времени несмотря на классические формы. Закрепляет в правильности наших изысканий и гравюра 1890 года, где видна аутентичность фасада на гравюре и фрагмента.

Таким образом, с помощью выявления истинного идентичного положения исследуемого фрагмента с расположением корпуса завода Д. П. Шипова с помощью наложения планов, а также схожестью фрагмента с архитектурными деталями, отображенными на гравюре и архивных чертежах, можно утверждать, что выявленный фрагмент фасада аутентичен с фасадом бывшего завода Д. П. Шипова образца 1857 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительство России середины XIX начала XX века. В 3 книгах. Книга 3. Столицы и провинция / под общей редакцией Е. И. Кириченко. – Москва : Прогресс-Традиция, 2010. – 616 с. – ISBN 978-5-89826-333-1. – Текст : непосредственный.
2. Лапина, О. В. Фабрично-заводские комплексы города Костромы середины XIX – начала XX века. Состояние и перспективы / О. В. Лапина. – Текст : непосредственный // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов / Московский архитектурный институт (государственная академия). – Москва, 2019. – Том 2. – С. 478–479.
3. Костромская губерния : материалы для географии и статистики России, собранные офицерами генерального штаба / под редакцией Я. Крживоблодского. – Санкт-Петербург : [б. и.], 1861. – 636 с. – Текст : непосредственный.
4. Государственный архив Костромской области (ГАКО). Фонд р-2028. Дело 126. Здание химико-механического техникума, построенного на средства Чижова Ф. В., конца XIX в., проспект Текстильщиков, 73. – Текст : непосредственный.
5. Иванова, Л. И. Царство красного кирпича / Л. И. Иванова. – Текст : непосредственный // Памятники Отечества. – Москва, 1991. – Вып. 1 (№ 23). – С. 87–94.
6. Нерехтский, Ф. Праздник костромских пароходовладельцев / Ф. Нерехтский. – Текст : непосредственный // Губернский дом. – Кострома, 1999. – № 5-6 (36-37). – С. 52–55.
7. Бушуев, А. Шиповы. Предпринимательская и общественная деятельность / А. Бушуев. – Текст : непосредственный // Губернский дом. – Кострома, 1994. – № 6 (36-37). – С. 23–26.
8. Страницы времен : историко-краеведческий журнал / учредитель и издатель : ОГБУ «Русь». – Кострома : Русь, 2011. – 188 с. – Текст : непосредственный.
9. Памятная книжка костромской губернии на 1862 год. – Кострома : Губернская типография, 1862. – 379 с. – Текст : непосредственный.
10. Государственный архив Костромской области (ГАКО). Фонд р-2028. Дело 130. Место механического завода Шиповых, 1852–1880-е гг., территория, ограниченная улицами Терешковой и берегом старого русла р. Костромы. – Текст : непосредственный.



11. Кириченко, Е. И. Русское градостроительное искусство. Градостроительство России середины XIX – начала XX века. В 2 книгах. Книга 2 / Е. И. Кириченко. – Москва : Прогресс-Традиция, 2010. – 560 с. – Текст : непосредственный.
12. Морозова, Е. Б. От промышленного поселения до технопарка: территориальные объекты промышленной архитектуры / Е. Б. Морозова. – Минск : БНТУ, 2014. – 208 с. – ISBN 978-985-550-665-3. – Текст : непосредственный.
13. Лапина, О. В. Архитектурно-пространственная структура фабричных комплексов Костромской губернии середины XIX – начала XX веков / О. В. Лапина. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 8 – С. 42–45.
14. Государственный Архив Костромской Области (ГАКО). Фонд 176. Описание 1. Дело 683. Механический завод и дом Шипова в Костроме. – Текст : непосредственный.
15. Государственный Архив Костромской Области (ГАКО). Фонд 176. Описание 1. Дело 891. Механический завод Шипова в Костроме. – Текст : непосредственный.
16. Государственный Архив Костромской Области (ГАКО). Фонд 176. Описание 1. Дело 626. Завод свечной Поляковой (план и фасад) в Костроме. – Текст : непосредственный.
17. Василенко, А. Ю. Прогулки по улицам Костромы / А. Ю. Василенко. – Кострома : Костромаиздат, 2013. – 480 с. – Текст : непосредственный.
18. Государственный Архив Костромской Области (ГАКО). Фонд 2028. Дело 123. Памятное место колокольного завода Синцова, 1789–1850 е гг., территория завода им. Красина. – Текст : непосредственный.
19. Российский государственный исторический архив (РГИА). Фонд р-1293. Дело 166-4-5. План части Костромы, предполагаемой к продолжению новой улицы. – Текст : непосредственный.
20. Памятники архитектуры Костромской области : каталог. Выпуск 1. Часть 2. г. Кострома / И. Ю. Кондратьева. – Кострома : Научно-производственный центр по охране и использованию памятников истории и культуры, 1997. – 312 с.
21. Костромской историко-литературный музей-заповедник (КИЛМЗ). Фототека н/в 7314/22. План местности, приобретенной в Костроме под постройку Промышленного училища Ф. В. Чижова. – Изображение : непосредственное.

LAPINA Olga Vladimirovna, associate professor of the chair of architecture and visual disciplines

AUTHENTICITY AND ARCHITECTURAL FEATURES OF THE PRODUCTION BUILDING OF THE KOSTROMA MECHANICAL PLANT OF D.P. SHPOV OF 1852 BASED ON THE ANALYSIS OF THE TERRITORY

Kostroma State Agricultural Academy

34, Uchebny gorodok St., Karavaevo sett., Kostroma dist., Kostroma region, 156530, Russia.
Tel.: +7 (4942) 65-75-97; fax: +7 (4942) 65-75-99; e-mail: van@ksaa.edu.ru

Key words: factory building, factory complex, mechanical plant, quarter, authenticity.

The article presents the results of a study on the formation of the historical quarter, in which mechanical plant of D. P. Shipov of 1857 was located in the city of Kostroma. Four main stages of the territory development have been identified. Based on the identified time steps and the analysis of the location of the factory buildings in them, an analysis of the authenticity of a fragment of the wall of the L.B. Krasin factory with the former building of the mechanical plant of D. P. Shipov was performed.

REFERENCES

1. Gradostroitelstvo Rossii serediny XIX nachala XX veka [Urban development of Russia in the middle of the XIX beginning of XX century]. V 3 knigakh. Kniga 3. Stolitsa i provintsiya.



Pod obschey redaktsiye E. I. Kirichenko. Moscow : Progress-Traditsiya, 2010, 616 p. ISBN 978-5-89826-333-1.

2. Lapina O. V. Fabrichno-zavodskie komplekсы goroda Kostromy serediny XIX – nachala XX veka. Sostoyanie i perspektivy [Factory complexes of the city of Kostroma in the mid 19th and early 20th centuries. Status and prospects] // Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie [Science, education and experimental design]: tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii professorsko-prepodavatelskogo sostava, molodykh uchyoniykh i studentov / Moskovskiy arkhitekturny institute (gosudarstvennaya akademiya). Moscow, 2019. Vol. 2. P. 478–479.

3. Kostromskaya guberniya: materialy dlya geografii i statiki Rossii, sobrannye ofitserami generalnogo shtaba [Kostroma province. Materials for geography and statics of Russia, collected by officers of the General Staff] / pod redaktsiye Ya. Krzhivoblodskogo. – Saint-Petersburg, 1861, 636 p.

4. Gosudarstvennyy arkhiv Kostromskoy oblasti (GAKO) [State archive of Kostroma region] F. r-2028. D. 126. Zdanie khimiko-mekhanicheskogo tekhnikuma, postroennogo na sredstva Chizhova F.V. konsta XIX v., prospekt Tekstilschikov, 73.

5. Ivanova L. I. Tsarstvo krasnogo kirpicha [The kingdom of red brick] // Pamyatniki Otechestva [Monuments of the Fatherland]. Moscow, 1991. Issue 1 (№ 23). P. 87–94.

6. Nerekhtskiy F. Prazdnik kostromskikh parokhodovladeltsev [Holiday of Kostroma steamboat owners] // Guberskiy dom [Provincial House]. Kostroma, 1999. № 5-6 (36-37). P. 52–55.

7. Bushuev A. Shipovy. Predprinimatelskaya i obschestvennaya deyatelnost [The Shipovs. Business and social activities] // Guberskiy dom [Provincial House]. Kostroma, 1994. № 6 (36-37). P. 23–26.

8. Stranitsy vremyon [Pages of the times]: istoriko-kraevedcheskiy zhurnal [local history journal] / uchreditel i izdatel: OGBU "Rus". Kostroma: Rus, 2011, 188 p.

9. Pamyatnaya knizhka kostromskoy gubernii na 1862 god [A memorial book of the Kostroma province for 1862]. Kostroma: Gubernskaya tipografiya, 1862, 379 p.

10. Gosudarstvennyy arkhiv Kostromskoy oblasti (GAKO) [The State Archive of the Kostroma Region (GAKO)]. F. r-2028. D. 130. Mesto mekhanicheskogo zavoda Shipovykh 1852–1880-e gg., territoriya, ogranichennaya ulitsami Tereshkovoy i beregom starogo rusla r. Kostromy [The place of the Shipovs mechanical plant, 1852–1880s, territory limited by Tereshkova street and the bank of the Kostroma old riverbed].

11. Kirichenko E. I. Russkoe gradostroitelnoe iskusstvo. Gradostroitelstvo Rossii serediny XIX – nachala XX veka [Russian urban planning art. Urban planning of Russia in the middle of the XIX – early XX centuries]. V 2 knigakh. Kniga 2. / Moscow : Progress-Traditsiya, 2010, 560 p.

12. Morozova E. B. Ot promyshlennogo poseleniya do tekhnoparka: territorialnye obekty promyshlennoy arkhitektury [From an industrial settlement to an industrial park: territorial objects of industrial architecture] / Minsk : BNTU, 2014, 208 p. ISBN 978-985-550-665-3.

13. Lapina O. V. Arkhitekturno-prostranstvennaya struktura fabrichnykh kompleksov Kostromskoy gubernii serediny XIX – nachala XX vekov [The architectural and spatial structure of factory complexes in the Kostroma province of the middle of the XIX – beginning of XX centuries]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and civil construction]. 2015. № 8. P. 42–45.

14. Gosudarstvennyy arkhiv Kostromskoy oblasti (GAKO) [The State Archive of the Kostroma Region (GAKO)]. F. 176. Op. 1. D. 683. Mekhanicheskiy zavod i dom Shipova v Kostrome [Mechanical plant and the Shipovs house in Kostroma].

15. Gosudarstvennyy arkhiv Kostromskoy oblasti (GAKO) [The State Archive of the Kostroma Region (GAKO)]. F. 176. Op. 1. D. 891. Mekhanicheskiy zavod Shipova v Kostrome [Shipov Mechanical Plant in Kostroma].

16. Gosudarstvennyy arkhiv Kostromskoy oblasti (GAKO) [The State Archive of the Kostroma Region (GAKO)]. F. 176. Op. 1. D. 626. Zavod svechnoy Polyakovoy (plan i fasad) v Kostrome [Polyakov candle factory (plan and facade) in Kostroma].

17. Vasilenko A. Yu. Progulki po ulitsam Kostromy [Walks along the streets of Kostroma] /



Kostroma : Kostromaizdat, 2013, 480 p.

18. Gosudarstvennyy arkhiv Kostromskoy oblasti (GAKO) [The State Archive of the Kostroma Region (GAKO)]. F. 2028. D. 123. Pamyatnoe mesto kolokolennogo zavoda Sintsova, 1789–1850-e gg., territoriya zavoda im. Krasina [Memorial site of the Sintsov bell plant, 1789–1850s, the territory of the plant named after Krasin].

19. Rossiyskiy gosudarstvennyy istoricheskiy arkhiv RGIA [Russian State Historic Archive]. F. r-1293. D. 166-4-5. Plan chasti Kostromy, predpolagaemoy k prodolzheniyu novoy ulitsy [The plan of the part of Kostroma supposed to extension of a new street].

20. Pamyatniki arkhitektury Kostromskoy oblasti [Monuments of architecture of the Kostroma region]. Katalog. Vypusk I. Chast 2. g. Kostroma. Kostroma: Nauchno-proizvodstvennyy tsentr po okhrane i ispolzovaniyu pamyatnikov istorii i kultury, 1997, 312 p.

21. Kostromskoy istoriko-literaturny muzey-zapovednik (KILMZ) [The Kostroma historic and literature museum-reserve], F. n / a 7314/22. Plan mestnosti, priobretyonnoy v Kostrome pod postroyku Promyshlennogo uchilisha F. V. Chizhova [Plan of the area acquired in Kostroma for construction of the F. V. Chizhov Industrial School].

© **О. В. Лапина, 2020**

Получено: 14.12.2019 г.

УДК 72.009:711.1

К. С. ФИЛЬЧЕНКОВ, аспирант кафедры архитектурного проектирования

ТРАНЗИТНЫЕ ПРОСТРАНСТВА ГОРОДА КАК ОТРАЖЕНИЕ ГОРОДСКИХ КОНФЛИКТОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;
эл. почта: kirill.fil.ser@gmail.com

Ключевые слова: транзитные пространства, общественное пространство, городские конфликты, городская среда.

Рассматривается вопрос определения границ и участников городских конфликтов, их классификация и связь с транзитными пространствами. Исследование также затрагивает эволюционное развитие среды, изменчивость наполнения и структуры уличного каркаса. На основе проведенного исследования проанализированы основные виды городских конфликтов и их влияние на городскую транзитную сеть.

Введение

Большая часть городской среды состоит из транзитных пространств, которые создают сложную уникальную сеть. Они могут иметь различную структуру, пропускную способность, наполнение функциями, связи друг с другом. Вместе с развитием города трансформируются и транзиты, составляющие его каркас, подстраиваясь под нужды людей, нередко и с потенциалом на будущее. Однако с формированием городской среды и усложнением ее структуры увеличивается число конфликтов на различных уровнях. Обострение напряженности в городах на протяжении последних десятилетий стало очевидным и чаще всего является результатом неправильного развития и неверно предпринятых мер градостроительного регулирования территорий.



Городские конфликты – довольно обширная тема, которая лежит на стыке различных наук (архитектуры, градостроительства, социологии, политики и т. д.). Существующие понятия «городских конфликтов» чаще всего лишь частично раскрывают суть данного явления. А. И. Кольба рекомендует определять городские конфликты как «столкновение интересов различных факторов, действующих в рамках городского сообщества по поводу проблем локального уровня, формирующихся в его социальном пространстве» [1]. Такое определение передает суть проблемы, поскольку понятие «городские конфликты» часто путают либо с общим понятием «конфликта в городе», либо только с противоречиями между различными городскими сообществами. Городские проблемы могут быть как уникальными для данного региона, так и являться отражением противоречий более широкого масштаба. Нередко городские конфликты зарождаются извне или, наоборот, развиваются изнутри и могут перерасти в серьезные проблемы как для региона, так и для общества в целом.

В политической географии тема конфликтологии активно разрабатывается уже более двух десятилетий, но изучение ведется преимущественно на уровне больших территорий и в очень слабой степени касается отдельных поселений или городов. В статье Йорга Штадельбауера «Мегагорода как конфликтогенные пространства» [2] автор предлагает обратиться к изначальной трактовке понятия «политика», подразумевающую изучение политико-географических аспектов развития городов.

Конфликт – это всегда то или иное пересечение интересов. В. А. Нефедов [3] ввел понятие архитектурно-ландшафтных конфликтов на территории города и предложил их типологию следующим образом: конфликт между транспортом и человеком в городской среде, конфликт между характером использования и природным потенциалом территории, конфликт между формой ландшафта и временем, конфликт между старым и новым, конфликт между индивидуальным и общественным, конфликт между архитектурным объектом и средой. Конфликт в городской среде, как правило, довольно точно показывает границы интересов различных городских сообществ, проблемы взаимодействия людей и города, а также городских элементов друг с другом.

Связь городских конфликтов и сети транзитных пространств

Транзиты, составляющие уникальную топографическую структуру, так или иначе взаимодействуют со всеми городскими системами и влияют на многие городские функции. Уличная сеть может планироваться в соответствии с четкими организационными принципами своего времени, однако она практически обязательно подвержена эволюционному органическому развитию, а ее конфигурация помогает определить пространственную логику развития (рисунок). Уличная сеть формируется в первую очередь пешеходными и транспортными транзитами и организует систему городских кварталов, структура которых совместно с сетью дорог может дать первичное представление о взаимодействии архитектуры и среды на градостроительном уровне.

Опираясь на классификацию архитектурно-ландшафтных конфликтов, предложенную В. А. Нефедовым, можно свести ее к списку глобальных конфликтов, возникающих в городской среде: конфликт между группами людей, конфликт между пешеходом и транспортом, конфликт между старым и новым, конфликт между индивидуальным и общественным, конфликт между архитектурным объектом и средой, конфликт между городом и природой.

Любое транзитное пространство можно разделить на 3 главных составляю-

щих: непосредственно сам транзит, его границы и наполнение [4]. Таким образом, возможно рассмотреть пересечения интересов в городской среде с точки зрения транзитного пространства, изучив влияние его составляющих на конфликты. В большей степени все элементы транзитного пространства участвуют в конфликтах пешехода и транспорта, индивидуального и общественного, архитектурного объекта и среды. В меньшей – природа и город, старое и новое. Городские транзиты практически никак не участвуют в конфликтах между группами людей, однако взаимосвязь, пусть и слабая, между ними так или иначе существует.

Рассмотренные выше конфликтные пары являются самыми базовыми и пространственными пересечениями интересов в городской среде и непосредственно влияют на ее формирование. В свою очередь, каждый элемент предложенных конфликтов в той или иной степени взаимодействует друг с другом (транспорт и архитектурный объект, пешеход и природа, история и город в целом и т. д.), что значительно расширяет данную тему.



Структура транзитной сети центральных районов различных городов в едином масштабе (квадрат 500×500 м). Сверху – схема застройки, снизу – схема транзитов, демонстрирующая структуру кварталов: *а* – г. Претория, ЮАР; *б* – г. Нижний Новгород, Россия; *в* – г. Милан, Италия; *г* – г. Сиена, Италия

Основные городские конфликты, влияющие на формирование среды

Со второй половины XX века по настоящее время (2019 г.) были проведены значительные исследования, которые направлены на изучение топологических и геометрических характеристик городских уличных сетей. Топологический характер описывает конфигурацию сети и включает в себя показатели связности, центральности и кластеризации. Геометрический характер описывает расстояния, площади и плотности сети. Для получения максимально полной информации о городской планировке необходимо изучать и топологические, и геометрические характеристики.

В исследованиях Билла Хиллера и Жюльена Хэнсона был поднят вопрос анализа пространственной конфигурации и выдвинут термин «синтаксис пространства», который охватывает набор теорий и методов по проблеме анализа территории. В своей научной публикации «Пространство – это машина: конфигурационная теория архитектуры» (“Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture”) [5] Билл Хиллер изучает зависимости характеристик архитектур-



ного пространства для теоретизации архитектурного анализа и нахождения взаимосвязей различных параметров. Общая идея исследования заключается в том, что пространства могут быть разбиты на компоненты, проанализированы отдельными кусками, а затем представлены в виде карт и графиков, которые описывают относительную связность и интеграцию (проницаемость) территории. Изучение характеристик пространства позволяет найти их места пересечений, что может помочь в решении городских конфликтов.

Синтаксис пространства, предложенный Биллом Хиллером, сегодня нередко используется во многих сферах, часть из которых даже не связана с архитектурой и градостроительством. Способ исследования, предложенный им, в своей основе работает именно с городской транзитной сетью, которая может быть представлена как пустым пространством между застройкой, так и сеткой улиц.

В процессе развития городов актуальным становится вопрос сохранения исторической застройки, которая является духовной и материальной ценностью, позволяющей сохранить традиционную историко-культурную среду обитания. Одной из важных задач при работе с объектами культурного наследия является создание комфортной городской среды, которая гармонично сочетает в себе как исторические архитектурные здания и сооружения, так и современную застройку. Конфликты соседства старой и новой застройки возникают в исторических городах очень часто, причем проблемы существуют как на уровне восприятия фасадов, так и в масштабе организации структуры квартала, района и даже всего города. Гармоничное использование специфических черт той или иной эпохи, грамотное совмещение элементов в среде, а также влияние принимаемых решений на капитализацию исторических объектов относится к важнейшим проблемам, стоящим перед современным архитектором, градостроителем и девелопером.

Конфликт между архитектурным объектом и окружающей средой существовал всегда на протяжении всей истории архитектуры. Здание в первую очередь воспринимается организатором пространства. Чаще всего оно структурирует пространство лишь внутри своего объема, никак не взаимодействуя, а иногда и конфликтуя с окружением. «Новая карта Рима», выполненная в 1748 году Д. Б. Нолли, и сегодня часто используется для иллюстрации взаимоотношений между общественными пространствами и общественными зданиями со «вскрытыми» планами. План Нолли позволяет увидеть разницу между логикой города и логикой архитектуры. С одной стороны, спонтанные экономические и социальные процессы формируют неправильные формы городских кварталов, кривые улицы и сложные площади, с другой – тектоническая логика архитектурного знания своего времени порождает симметричные конструкции главных зданий города, строгие галереи и регулярную структуру стоечно-балочных систем.

В статье «Общественное здание и общественное пространство. Дуализм отношений» А. Л. Гельфонд изучает вопрос функциональной гибкости архитектурного сооружения и общественного пространства [6]. В данной работе в частности поднята проблема взаимосвязи архитектуры с окружением и городской средой. Со временем структура архитектурного пространства неизбежно начинает испытывать конфликт со своим меняющимся наполнением, а изменение функциональности нередко несет за собой и корректировку конфигурации, что, в свою очередь, порождает новые конфликты. Более того, архитектурное сооружение так или иначе взаимодействует со средой, в которой оно находится, а значит изменения в структуре здания хотя бы частично влияют и на его окружение.

Городская среда изменчива не в меньшей степени, чем архитектурные со-



оружения, а во многих случаях она куда ярче отражает эволюционные изменения общества. Например, резкая автомобилизация городов в XX веке заставила проектировщиков обратить внимание на новые проблемы, связанные с организацией нового пользователя общественных пространств – водителя. Однако конфигурация по крайней мере существующих улиц оставалась неизменной и должна была учитывать не только новый автомобильный транзит, но и его взаимодействие с уже существующим пешеходным движением.

Конфликт между пешеходом и транспортом является, пожалуй, самым массовым и самым показательным для современного города. Этот конфликт на сегодняшний день, возможно, наиболее серьезный, поскольку нерешенные проблемы пересечений пешеходных и транспортных потоков ежедневно уносят человеческие жизни, особенно в крупных городах с высоким показателем автомобилизации.

Основные и самые серьезные пересечения транспорта и пешеходов обычно расположены на перекрестках. Стоит отметить, что в более плотной городской сетке пешеходные (реже автомобильные) маршруты будут в среднем сильнее приближаться к кратчайшей прямой, к которой они стремятся. Раздробленная сеть кварталов позволяет выбрать уникальный и наиболее быстрый маршрут.

Чем плотнее сеть улиц, тем вариативнее перемещение по городу и тем больше пересечений транспортных и пешеходных потоков, что, как ни странно, в некоторой степени положительно влияет на безопасность, поскольку обоим участникам движения необходимо более пристально следить за действиями друг друга. Обратная же ситуация возникает, когда плотность улиц и их пересечений очень низкая. Из-за низкого числа конфликтных мест пешеходы и автомобили максимально дистанцируются друг от друга, что вроде как увеличивает безопасность, но все пересечения становятся более напряженными. К тому же следует отметить, что средняя скорость автомобиля на дорогах с большим числом пешеходных переходов невысока, что также напрямую положительно сказывается на безопасности, однако увеличивает среднее время перемещения.

Вместе с трансформацией застройки жилых и общественных кварталов меняются транзитные пространства как в пределах рассматриваемой территории, так и на ее периферии. Эволюционное развитие городов диктует необходимость расширения нового взгляда на реконструкцию сложившихся и функционирующих территорий, транзитов и узлов градостроительной структуры. Поскольку города представляют собой сложные системы, ключевой целью городского проектирования должно быть обеспечение их комплексного функционирования, способствующего безопасности, удобству, устойчивости, связности, адаптивности и справедливости.

Все городские проблемы так или иначе связаны друг с другом и нередко напрямую влияют на формирование городской транзитной сети. Конфликты между группами людей, пешеходом и транспортом, старым и новым, индивидуальным и общественным, архитектурным объектом и средой, городом и природой присутствуют в любом поселении, а их серьезность отражает проблемы и приоритеты местного общества. Изучение и решение таких конфликтов является важной задачей для архитекторов, работающих с городской средой, а учитывая то, что сегодня кардинально меняется понимание города и восприятие горожанами общественных пространств, проблема городских конфликтов становится крайне актуальной.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К проблеме определения понятия «городской конфликт» семинара / А. И. Кольба, Л. В. Сморгунюв, Е. В. Морозова, А. В. Егупов. – Текст : непосредственный // Политические коммуникации и публичная политика: концепции, методы, сравнение опыта : материалы XVII Всероссийского научного. – Краснодар, 2016. – С. 97–100.
2. Штадельбауэр, Й. Мегакорода как конфликтогенные пространства / Й. Штадельбауэр. – Текст : непосредственный // Глобальный город: теория и реальность. – Москва, 2007. – С. 66–78.
3. Нефедов, В. А. Архитектурно-ландшафтная реконструкция как средство оптимизации городской среды : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры / В. А. Нефедов ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2005. – 48 с. – Текст : непосредственный.
4. Фильченков, К. С. Применение теории графов для анализа транзитных пространств / К. С. Фильченков // Сборник трудов аспирантов, магистрантов и соискателей / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – С. 234–238.
5. Hiller, B. Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture / B. Hiller. – London : Space Syntax, 1996. – 368 p. – Direct.
6. Гельфонд, А. Л. Общественные здания и общественное пространство. Дуализм отношений / А. Л. Гельфонд. – Текст : непосредственный // ACADEMIA. Архитектура и строительство. – 2015. – № 2. – С. 21–33.

FILCHENKOV Kirill Sergeevich, postgraduate student of the chair of architectural design

CITY TRANSIT SPACES AS A REFLECTION OF CITY CONFLICTS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: kirill.fil.ser@gmail.com

Key words: transit spaces, public space, urban conflicts, urban environment.

The article raises an issue of determining the boundaries and participants of urban conflicts, their classification and relationship with transit spaces. The study also addresses the evolutionary development of the environment, the variability of the content and structure of the street frame. Based on the study, the main types of urban conflicts and their impact on the urban transit network are analyzed.

REFERENCES

1. Kolba A. I., Smorgunov L. V., Morozova E. V., Egupov A. V. K probleme opredeleniya ponyatiya «gorodskoy konflikt» [On the problem of defining the concept of “urban conflict”] // Politicheskie kommunikatsii i publichnaya politika: kontseptsii, metody, sravnenie opyta: materialy XVII Vserossiyskogo nauchnogo seminar [Political communications and public policy: concepts, methods, comparison of experience: Materials of the XVII All-Russian scientific seminar]. Krasnodar: 2016. P. 97–100.
2. Stadelbauer J. Megagoroda kak konfliktogennye prostranstva [Megacities as conflict spaces] // Globalny gorod: teoriya i realnost [Global city: theory and reality]. Moscow: 2007. P. 66–78.
3. Nefyodov V. A. Arkhitekturno-landshaftnaya rekonstruktsiya kak sredstvo optimizatsii gorodskoy sredy [Architectural and landscape reconstruction as a means of optimizing the urban environment]. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchyonoy stepeni doktora arkhitektury. Sankt-Peterburg. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Saint-Petersburg : 2005, 48 p.



4. Filchenkov K. S. Primenenie teorii grafov dlya analiza tranzitnykh prostranstv [Application of graph theory for the analysis of transit spaces] // Sbornik trudov aspirantov, magistrantov i soiskateley [Proceedings of graduate students, undergraduates and applicants]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod: 2018. P. 234–238.

5. Hiller B. Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture. - London: Space Syntax, 1996, 368 p.

6. Gelfond A. L. Obschestvennye zdaniya i obschestvennoe prostranstvo. Dualizm otnosheniy [Public buildings and public space. The dualism of relations] // ACADEMIA. Arkhitektura i stroitelstvo [ACADEMIA. Architecture and construction]. 2015. № 2. P. 21–33.

© К. С. Фильченков, 2020

Получено: 23.11.2019 г.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 72.012.7 (430)

А. Л. ГЕЛЬФОНД¹, чл.-корр. РААСН, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой архитектурного проектирования; И. В. ЕРОФЕЕВА², канд. техн. наук, мл. науч. сотр.; В. А. МОЙСЕЕНКО³, канд. геогр. наук, доц., инж. кафедры строительных материалов и технологий

МОДЕЛИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ДЛЯ ИСКУССТВА В НЕМЕЦКИХ ГОРОДАХ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: gelfond@bk.ru

²НИИ строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук Россия, 127238, Москва, Локомотивный проезд, д. 21. Тел.: (8332) 74-25-65; эл. почта: i.g.erofeeva.90@mail.ru

³ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет» Россия, 113534, г. Саранск, ул. Советская, д. 24. Тел.: (8342) 47-71-56; эл. почта: vlalmo@mail.ru

Ключевые слова: Музейный остров в Берлине, Мюнхен, Дрезден, Лейпциг, классификация общественных пространств для искусства.

Анализируются особенности архитектурно-градостроительной организации общественных пространств для искусства (ОПИ) в Берлине, Мюнхене, Дрездене и Лейпциге. На основе анализа предлагаются модели ОПИ: крепость, остров, дворец и ареал. Дается классификация типов данных пространств, предлагаются терминологические варианты для их обозначения и графоаналитическая схема.

Рассмотрим общественные пространства для искусства (далее ОПИ) ряда немецких городов с целью подтверждения их соответствия предложенным авторами ранее или выявленным вновь моделям, а также экспертной оценке общих и специфических черт каждой из моделей.

Музейный остров (нем. *Museuminsel*) в Берлине – уникальный градостроительный ансамбль, который формировался на протяжении более ста лет. Основу Музейного острова составляют ныне пять музеев. В 1830 г. было построено здание Старого музея (арх. Карл Фридрих Шинкель), в 1859 г. – Новый музей (арх. Фридрих Август Штюлер), в 1876 г. – Национальная галерея (арх.: Фридрих Август Штюлер, Карл Бюсси). Именно в эти годы за территорией закрепилось название Музейного острова [1, 2]. В 1904 г. на северо-западе острова открылся музей кайзера Фридриха, ныне музей Бодэ (арх. Эрнст фон Ине). В 1930 г. построен Пергамский музей (арх. Альфред Мессель). С 1999 г. Музейный остров в Берлине – объект всемирного наследия ЮНЕСКО.

Следующим шагом на пути возвращения острову Шпреинзель утраченных архитектурных объектов будет, вероятно, восстановление Берлинского Городского дворца (нем. *Berliner Stadtschloß*). Строительство этого чрезвычайно внушительного по размерам здания, занимавшего целый квартал, было начато в последнем десятилетии XIX в. Предполагалось, что оно будет служить главной резиденцией германского императора. Но после Ноябрьской революции 1918 г.



так и не достроенный до конца дворец стал использоваться для других целей – в качестве музея и штаб-квартиры различных учреждений: Вторая мировая война нанесла зданию серьезные повреждения, и в 1950 г. его развалины были снесены.

Несколько последних лет на этом участке располагался обширный партерный сквер Шлоссплац. Однако теперь решением властей ФРГ принят проект «Гумбольдт-Форума» (нем. *Humboldtforum*), предусматривающий восстановление исторического здания в его полном объеме. «В 2008 г. был объявлен международный конкурс на проектирование Городского дворца. Победителем стал проект итальянского архитектора Франко Стелла. В 2013 г. началось строительство Городского дворца. Согласно проекту, воссоздаются три барочных фасада, а четвертый, обращенный к реке Шпрее, решается в современном стиле. В здании разместятся Этнологический музей и Музей азиатского искусства, Центральная и Земельная библиотеки Берлина, а также научное собрание Университета им. Гумбольдта» [3]. Более чем вероятно, что по завершении строительства, начавшегося в 2013 г., залы дворца будут использованы прежде всего для организации экспозиций, поскольку упомянутые выше музеи до сих пор вынуждены хранить подавляющую часть своих сокровищ в запасниках из-за нехватки выставочных площадей.

Здания музея Бодэ, Берлинского собора и Городского дворца своими куполами маркируют прохождение главной оси ансамбля в меридиональном направлении. Здания Пергамона, Национальной галереи, Старого и Нового музеев с их по преимуществу фронтальной композицией фланкируют эту ось.

Уникальность Музейного острова не мешает увидеть в его характеристиках многое, что свойственно целому ряду ОПИ в других немецких городах. Сложившаяся архитектурно-планировочная схема функционирует в течение столь долгого времени, сохраняя свои специфические черты, что на ее основе можно построить модель организации общественного пространства для искусства – ОСТРОВ.

Модель ОСТРОВ трактует ОПИ как *часть городского пространства, ограниченную по большей части периметра водными и (или) иными природными (ущельями, оврагами, скалами, обрывами и т. п.) или антропогенными (транспортными магистралями) преградами и насыщенную зданиями и сооружениями для искусства.*

Это изолированный тип ОПИ с развитыми коммуникациями внутри острова. Внешние коммуникации, связывающие остров с прилегающими территориями и общественными пространствами города, более ограничены.

Отдельный тип общественного пространства для искусства наглядно демонстрирует расположенное в восточной части Лейпцига здание музея Грасси, построенное в 1925 г. (арх.: Карл Цвек, Ганс Фогт) [4, 5]. Одной из отличительных черт данного музея является значительная удаленность от других аналогичных объектов, в кооперации с которыми он мог бы сформировать единое общественное пространство для искусства. Впрочем, даже если бы такие объекты и появились поблизости от здания музея, они вряд ли смогли бы найти с ним общий «архитектурный язык». Этому словно препятствует даже образное решение фасадов музея Грасси в виде лапидарных темных кирпичных плоскостей. Кроме того, система внутренних дворов этого весьма большого по площади здания, в свою очередь, как бы декларирует его стремление к добровольной замкнутости и самоизоляции, а также решимость образовать собственное общественное пространство для искусства без посторонней помощи.



В определенном смысле подобная позиция ассоциируется с историческим периодом феодальной раздробленности, когда единые ныне национальные государства (в том числе и Германия) были разорваны на сотни небольших практически независимых друг от друга политических образований.

Под влиянием данной аналогии обозначим эту модель ОПИ термином КРЕПОСТЬ. Под указанным термином мы будем понимать достаточно крупное здание или ансамбль, архитектурно-планировочное и образное решение которого реализует идею создания автономного замкнутого общественного пространства для искусства.

Неотъемлемым атрибутом данного замкнутого типа ОПИ является внутренний двор, или целая система внутренних дворов. Коммуникации с окружением сведены к минимуму.

Характерный образец еще одной разновидности ОПИ можно наблюдать в Дрездене. Главное общественное пространство для искусства в городе – дворцовый комплекс Цвингер, возведенный в 1709 г. (арх.: Маттеус Пеппельман, Готфрид Земпер) [6, 7] с его знаменитой Картинной галереей старых мастеров, Оружейной палатой и собранием фарфора. Целый ряд принципиальных соображений заставляет нас отнести Цвингер к типу *обособленных ОПИ – ДВОРЕЦ*. В контексте нашего исследования *дворец – обособленный архитектурный ансамбль с прилегающими к нему площадями и (или) садово-парковыми территориями, приобретающий (в силу своих значительных размеров, высокой архитектурно-художественной и исторической ценности, а также значимости хранящихся в нем музейных коллекций) статус обособленного и самодостаточного общественного пространства для искусства*.

Но не все дворцы в традиционном понимании этого слова соответствуют сформулированному нами определению – обособленному ОПИ. Так, наличие в Дрездене множества зданий для искусства – Ландхаус (Городской музей), Альбертинум с его Картинной галереей новых мастеров, Нумизматическим кабинетом и коллекцией скульптур, Японский дворец с расположенными в нем Этнографическим музеем и Музеем доисторической эпохи, Кабинет гравюр, Егерхоф с его Музеем народного творчества – позволяют определить данную совокупность, скорее как *ареал*. Но эту модель мы рассмотрим на примере Мюнхена.

Система общественных пространств для искусства Кунстареал в Мюнхене – совокупность архитектурных объектов, которые при кажущейся случайности их расположения создают образ величественного и полноценного общественного пространства для искусства. Ядро данного пространства – Королевская площадь, возведена в 1815 г. (арх. Лео фон Кленце) [8, 9], с расположенными по ее периметру музейными комплексами Глиптотеки, Античного собрания, Пропилеями, а также соседствующий музейный квартал со Старой Пинакотекой (арх. Лео фон Кленце, 1836 г.), Новой Пинакотекой (арх. Александр фон Бранка, 1981 г.), Пинакотекой современности (арх. Штефан Браунфельс, 2002 г.) и музеем Брандхорста (арх.: Луиза Хаттон, Мартин Зауэрбрух, 2009 г.).

Для обозначения музейных пространств, в пространственном отношении схожих с мюнхенским Кунстареалом, предлагаем использовать термин, который вошел в его имя собственное – АРЕАЛ [3]. Далее, в нашем конкретном контексте, мы будем понимать под *ареалом группу рассредоточенных по территории города зданий, сооружений и общественных пространств для искусства, имеющих, как правило, смысловой и композиционный центр, находящихся в пределах пешеходной*



и, как правило, визуальной доступности друг от друга и формирующих на ментальном уровне цельное общественное пространство для искусства.

«Ареал», по А. Л. Гельфонд, не обладает изначально заданной цельной композицией, а складывается исторически как переходный по смысловому (функциональному) признаку на потенциальных возможностях культурных ландшафтов. Именно на такой модели базируется формирование пространственных каркасов города. Например, чтобы посмотреть художественные произведения, экспонируемые в отдельных общественных зданиях, человек следует по городу по некоему принудительному маршруту. Драматургия движения задана: пролог, экспозиция, завязка, кульминация, спад действия, развязка, эпилог, но при этом внутреннее и внешнее ОП как бы объединяются, сливаются в единое целое. Важная роль с точки зрения формирования у адресата нужного восприятия отводится организации коммуникаций» [3].

АРЕАЛ являет собой композитный тип ОПИ и может включать в себя не только отдельные здания для искусства – музеи, выставки, театры и концертные залы, но и общественные пространства для искусства. С этой позиции, модели ОСТРОВ, КРЕПОСТЬ, ДВОРЕЦ, а также иные модели ОПИ (в частности, предложенные ранее – КВАРТАЛ, БЕРЕГ, ПЛОЩАДЬ, ПАРК [10]) могут выступать как составные части модели АРЕАЛ.

Четыре выявленных в данной статье типа общественных пространств для искусства удобно представлять в виде компактной схемы. Воспользуемся данной схемой для того, чтобы представить сводную систему классификации ОПИ с приведением упомянутых выше конкретных примеров прежде всего с точки зрения степени их замкнутости. Именно этот показатель принципиально отличает общественные пространства друг от друга.

Таким образом, на основе классификации общественных пространств для искусства четырех немецких городов было выявлено четыре их типа – крепости (замкнутый тип), острова (изолированный тип), дворцы (обособленный тип) и ареалы (композитный тип). Сформированная в результате данной работы таксономическая матрица может эффективно использоваться для градостроительного анализа того, что можно назвать постепенно приобретающим все большую популярность термином «мега-ансамбль» [11, 12, с. 5–6].

При этом небезынтересно отметить, что входящий в состав четырехчастной схемы термин «остров» способен придать своеобразную «географическую» специфику и остальным терминам, трансформировав их соответствующим образом. Действительно, в рамках типологической дифференциации островов [13, с. 14–17] можно выделить те их типы, которые корреспондируются с используемыми в нашем контексте понятиями «крепость», «дворец» и «ареал».



Условные обозначения:

-  замкнутый тип ОПИ
-  изолированный тип ОПИ
-  обособленный тип ОПИ
-  композитный тип ОПИ

Схема выявленных типов общественных пространств для искусства (ОПИ) в немецких городах

Очевидно, что ареалу будет соответствовать архипелаг, то есть значительная группа островов, лежащих на небольших расстояниях друг от друга и обычно рассматриваемых как одно целое. По аналогии крепости может быть синонимично соотнесен термин атолл, то есть коралловый остров, имеющий форму сплошного или разорванного кольца, окружающего лагуну небольшой глубины. Наконец, дворец мы можем ассоциировать с айсбергом, то есть ледяной горой, плавающей или сидящей на мели в океане, море или приледниковом озере. Понятно, что в основе данной аналогии находятся вовсе не те смертельные опасности, которые несут как айсберги, так и пресловутые «дворцовые интриги», но фантазмагорический образ сверкающей на солнце ледяной горы. Сам же термин «остров» остается формально неизменным с тем, однако, что из этого понятия мысленно «вычитаются» перечисленные выше три его разновидности.

Предлагаемый нами вариант обозначения типов общественных пространств для искусства (атолл – остров – айсберг – архипелаг) вовсе не отменяет уже



существующий вариант (крепость – остров – дворец – ареал), но ориентирован прежде всего на то, чтобы «в тандеме» с последним придать большую выразительность, своего рода «стереоскопичность» обозначаемым понятиям и тем самым существенно повысить эвристический потенциал вводимой нами научный оборот таксономической матрицы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эйслер, К. Музеи Берлина / К. Эйслер. – Москва : Слово, 2013. – 512 с. – ISBN: 978-5-387-00574-9. – Текст : непосредственный.
2. Krüger, T. M. Architekturführer. Berliner Museumsinsel / T. M. Krüger. – Berlin : DOM publishers, 2013. – 344 p. – Text : direct.
3. Гельфонд, А. Л. Архитектура общественных пространств / А. Л. Гельфонд. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 412 с. – ISBN 978-5-16-014070-4. – Текст : непосредственный.
4. Riedel, H. Stadtlexikon Leipzig von A bis Z / H. Riedel. – Leipzig : [k.a.], 2005. – 412 p. – Text : direct.
5. Thormann, O. Grassi-Museum Leipzig – Die Architektur / O. Thormann. – Leipzig : Passage-Verlag, 2007. – 372 p. – Text : direct.
6. Мельник, Д. В. Дрезден. Сокровищница Саксонии / Д. В. Мельник. – Москва : Вече, 2014. – 480 с. – Текст : непосредственный.
7. Ermisch, H. G. Der Dresdner Zwinger / H. G. Ermisch. – Dresden: Sachsenverlag, 1953, 228 p. – Text : direct.
8. Vierneisel, K. Der Königsplatz: 1812–1988 / K. Vierneisel. – München : [k.a.], 1988. – 288 p. – Text : direct.
9. Köpf, P. Der Königsplatz in München. Ein deutscher Ort / P. Köpf. – Berlin : Ch. Links Verlag, 2005. – 312 p. – Text : direct.
10. Гельфонд, А. Л. Музейные пространства европейских городов / А. Л. Гельфонд. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского регионального отделения : сборник научных трудов / Российская академия архитектуры и строительных наук, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2013. – Выпуск 16. – С. 29–33. – ISBN 978-5-87941-897-2.
11. Вавилин, В. Ф. Мега-ансамбли и мега-пропилеи в градостроительной структуре Саранска / В. Ф. Вавилин. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы строительства : материалы Международной научно-практической конференции. В 2 ч. – Саранск, 2009. – Ч. 2. – С. 40–45.
12. Вавилин, В. Ф. Градостроительные ориентиры российских столиц / В. Ф. Вавилин. – Саранск : Издательство Мордовского университета, 2009. – 604 с. – ISSN 0236-2910. – Текст : непосредственный.
13. Литвин, В. М. Острова / В. М. Литвин, В. И. Лымарев. – Москва : Мысль, 2003. – 287 с. – Текст : непосредственный.

GELFOND Anna Lazarevna¹, corresponding member of RAACS, doctor of architecture, professor, holder of the chair of architectural design; EROFEEVA Irina Vladimirovna², candidate of technical sciences, junior researcher; MOISEENKO Vladimir Alekseevich³, candidate of geographical sciences, associate professor, engineer of the chair of building materials and technologies

MODELS OF PUBLIC SPACES FOR ART IN GERMAN CITIES



¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: gelfond@bk.ru

²Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences

21, Locomotivny passage, Moscow, 127238, Russia. Tel.: +7 (8332) 74-25-65

³National Research Mordovian State University

24, Sovetskaya St., Saransk, 430000, Russia. Tel.: +7 (8342) 47-71-56;

e-mail: vlalmo@mail.ru

Key words: Museum island in Berlin, Munich, Dresden, Leipzig, classification of public spaces for art.

The article analyzes features of the architectural and town-planning organization of public spaces for art in Berlin, Munich, Dresden and Leipzig. Based on the analysis, models of the architectural and town-planning organization: fortress, island, palace, and areal are suggested. The classification of the types of these spaces is made, the terminological variants for their designation and a grapho-analytical scheme are offered.

REFERENCES

1. Eusler K. Muzei Berlina [The museums of Berlin]. Moscow, Slovo, 2013, 512 p. ISBN: 978-5-387-00574-9.
2. Krüger T. M. Architekturführer. Berliner Museumsinsel. Berlin, DOM publishers, 2013, 344 p.
3. Gelfond A. L. Arkhitektura obschestvennykh prostranstv [The architecture of public spaces]. Moscow, INFRA-M, 2019, 412 p. ISBN 978-5-16-014070-4.
4. Riedel H. Stadtlexikon Leipzig von A bis Z. – Leipzig: 2005, 412 p.
5. Thormann O. Grassi-Museum Leipzig – Die Architektur. – Leipzig: Passage-Verlag, 2007, 372 p.
6. Melnik D. V. Dresden. Sokrovishnitsa Saksanii [Dresden. The treasury of Saxony]. Moscow, Veche, 2014, 480 p.
7. Ermisch H. G. Der Dresdner Zwinger. – Dresden: Sachsenverlag, 1953, 228 p.
8. Vierneisel K. Der Königsplatz: 1812–1988. München: 1988, 288 p.
9. Köpf P. Der Königsplatz in München. Ein deutscher Ort. Berlin, Ch. Links Verlag, 2005, 312 p.
10. Gelfond A. L. Muzeynye prostranstva evropeyskikh gorodov [The museum spaces of the European cities]. Vestnik VRO RAASN [Bulletin of RAASN]. Nizhegor. gos. arkh.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2013. Vyp. 16. P. 29–33. ISBN 978-5-87941-897-2.
11. Vavilin V. F. Mega-ansambli i mega-propilei v gradostroitelnoy strukture Saranska [The mega-ensembles and the mega-propilei in the town-planning structure of Saransk]. Aktualnye voprosy stroitelstva [Building pressing questions]: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2 ch. Saransk, 2009. Ch. 2. P. 40–45.
12. Vavilin V. F. Gradostroitelnye orientiry rossiyskikh stolits [The town-planning reference points of the Russian capitals]: Saransk. Izd-vo Mordov. un-ta., 2009, 604 p. ISSN 0236-2910.
13. Litvin V. M., Lymarev V. I. Ostrova [The islands]. Moscow: Mysl, 2003, 287 p.

© А. Л. Гельфонд, И. В. Ерофеева, В. А. Моисеенко, 2020

Получено: 15.02.2020 г.



УДК 725.51(533/534)

Т. Н. КОЛЕСНИКОВА, д-р архитектуры, зав. кафедрой архитектуры;
М. Х. АЛЬ-НАХАРИ, аспирант кафедры архитектуры

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТИПОЛОГИИ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ЙЕМЕНА

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева»
Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95; e-mail: m.alnahari2016@gmail.com
Ключевые слова: Йемен, медицинские учреждения, дизайн, сектор здравоохранения, пространственная организация, типология.

Рассмотрены медицинские учреждения Йемена. Основная цель работы – совершенствование типологии медицинских учреждений Йемена. Задачи: проанализировать состояние медицинского сектора Йемена, изучить современную типологию медицинских учреждений Йемена и ее особенности. Как результат, в статье предложен проект пространственной организации медицинского учреждения на основании современных потребностей пациентов. Это дает уникальную возможность использовать текущие и новые данные для улучшения физической среды, в которой работают медсестры и другие лица, обеспечивающие уход.

Введение

В последнее время в сфере здравоохранения уделяется внимание архитектурному проектированию больничного учреждения, включая его технологию и оборудование, его влияние на безопасность пациентов. Для решения проблем ошибок в здравоохранении и серьезных проблем безопасности необходимы фундаментальные изменения процессов здравоохранения, культуры и физической среды.

Медицинская отрасль – одна из самых быстро развивающихся. Многие стандарты и нормы лечения, которые были актуальны еще 10–20 лет назад, сегодня уже являются устаревшими. Именно поэтому требования к организации и функциональности медицинского учреждения часто меняются, как и подходы к лечению и взаимодействию врача с пациентом.

Возникающая тенденция модернизации и острая потребность в инфраструктурных проектах вызвали необходимость перехода от традиционных к современным зданиям, хорошо приспособленным к трудностям различных климатических регионов страны, а также эффективно использующих местные ресурсы.

Сектор здравоохранения в развитых странах является одним из наиболее важных стратегических секторов, которые способствуют развитию экономики страны. Страны придают большое значение этому сектору как конечному продукту здоровья и инвестиционному товару.

По мере роста конкуренции между медицинскими учреждениями, а также осознания и заинтересованности клиента (пациента) в получении медицинских услуг, отвечающих его потребностям и желаниям, появились новые потребности. Эти учреждения улучшают способы поддерживать и удовлетворять пациента, а также включают оптимальные методы управления.

Медицина Йемена

Сектор здравоохранения в Йемене переживает волну экономических



изменений и перемен, а также развития медицинских технологий и развития средств связи.

Государственные и частные медицинские учреждения Йемена требуют, как никогда, новых усилий для улучшения способов управления этими учреждениями для удовлетворения потребностей своих клиентов.

Проектирование медицинских учреждений в прошлом было сосредоточено главным образом на учете физических требований к пространству и предоставлению услуг. Рассмотрение нематериальных выгод для пользователей, таких как пациенты, персонал и посетители, было, по сути, случайным.

Йемен – одна из самых бедных стран на Ближнем Востоке, где четверо из десяти йеменцев живут в бедности.

Ответственная организация за сектор здравоохранения в Йемене – Министерство здравоохранения и народонаселения. Эта организация разделена на две части: сектор общественного здравоохранения и частный сектор здравоохранения.

В табл. 1 показаны быстрые изменения в увеличении количества медицинских учреждений в период с 1992 по 2015 гг.

Таблица 1

Инфраструктура медицинских учреждений Йемена

| Медицинские учреждения | 1992 г. | 2015 г. |
|-----------------------------------|---------|---------|
| Государственные сельские больницы | 75 | 241 |
| Центры здоровья | 370 | 3 880 |
| Центры здоровья с кроватями | 60 | 813 |
| Санитарные единицы | 940 | 3 007 |
| Кровати в больницах | 8 150 | 16 826 |
| Оздоровительные комплексы | 0 | 41 |

Таблица показывает, что количество медицинских учреждений в секторе здравоохранения значительно увеличилось с 1992 года в связи с ростом служб здравоохранения. На 100 000 жителей приходится примерно 25 врачей, что значительно ниже ожидаемого национального показателя в 214.

Таблица 2

Количество медицинских работников

| Медицинские учреждения | 1992 г. | 2015 г. |
|------------------------|---------|---------|
| Количество врачей | 2 315 | 6 570 |
| Количество медсестер | 5 033 | 12 885 |
| Количество акушерок | 479 | 4 370 |
| Количество аптекарей | 233 | 2 741 |

Несколько авторов оценили проблемы, с которыми сталкивается Йемен в предоставлении качественных медицинских услуг своим жителям. В 2000 г. проблемы были с бедностью, высокой неграмотностью, ненадлежащей санитарией и ограниченным экономическим, а также социальным развитием [1]. В 2008 году доктор Надя Тахер отметила, что проблемы заключаются в стратегическом планировании, скоординированном управлении, мониторинге и оценке, организационной структуре системы здравоохранения, оплате, низком качестве



и частой нехватке адекватных лекарств и оборудования в государственных учреждениях [2, 3]. В 2009 году Al Ghaithi et al. упомянул, что проблемы заключаются в отсутствии механизма обмена медицинской информацией, отсутствии соответствующего законодательства и политики в отношении информационной системы здравоохранения, бедности и высокого уровня неграмотности [4]. В 2011 году в документе «Акушерство мира» подчеркивалось, что проблемы включают в себя труднопроходимую местность, особенно в горах и пустынях, культуру, быстрый рост населения, при котором три четверти населения проживают в сельской местности, а также высокий уровень неграмотности [5]. В результате показатели здоровья Йемена являются одними из самых низких в регионе.

На данный момент сектор здравоохранения в Йемене является одним из самых «хрупких» секторов в стране.

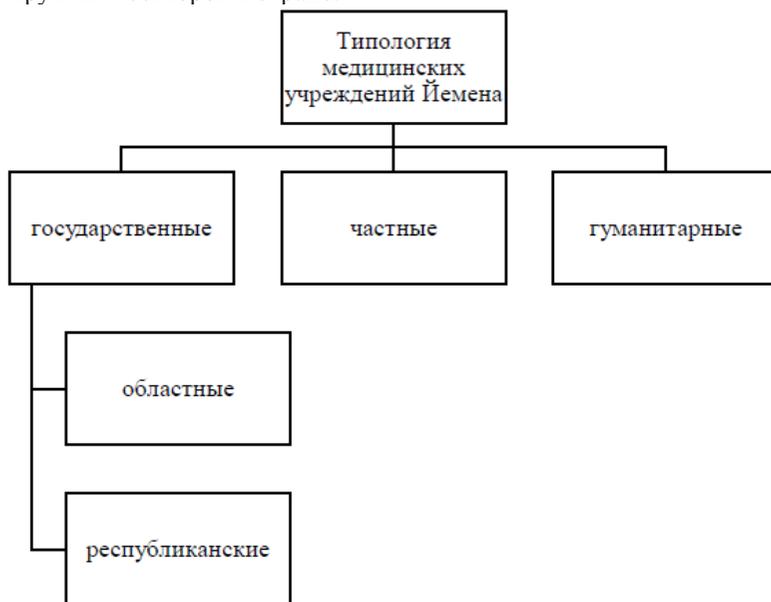


Рис. 1. Типология медицинских учреждений Йемена

Медицинские услуги страны представлены тремя типами лечебных учреждений: государственными, частными и гуманитарными медучреждениями.

Государственные больницы и поликлиники имеются в каждом районе страны, в зависимости от объема населения их количество равняется 2-3. Также имеются областные и республиканские больницы, в которых медицинские услуги относительно недорогие.

Республиканские наиболее крупные больницы способны принять около 500 больных в день, койко-место, например, здесь стоит 0,5 долл. в день, а лекарственное обеспечение составляет около 70–80 %, при этом почти все препараты в основном являются недорогими. Работающие здесь врачи – это выходцы из бывших республик Советского Союза, достаточно ценными специалистами здесь считают российских врачей, особенно с хирургическим профилем.

Большинство медицинских услуг оказывается в частных клиниках, которые



расположены почти на каждой улице. Медуслуги здесь гораздо дороже, чем в больницах государственного типа, порой разница в цене в 5–10 раз больше.

Часто отмечается, что большинство существующих больниц работают как места только для лечения заболеваний. Но в современных больницах важно укреплять здоровье и улучшать жизнь пациентов. Необходимо украшать больницу внутренними и окружающими садами, а также делать ее более открытой снаружи.

Есть вещи, которые необходимо принимать во внимание в процессе строительства современных медицинских больниц, – забота, точность и элегантность в дизайне здания внутри и снаружи, чтобы соответствовать психическому состоянию, необходимому пациенту для ускорения выздоровления.

При строительстве современных больниц необходимо максимально их адаптировать к жилому помещению, чтобы пациент чувствовал себя как дома. В случае длительного пребывания в медицинском учреждении (например, при длительном пребывании на стационарном лечении) такой шаг позволит ускорить процесс выздоровления и улучшит психологическое состояние пациента.

В данной статье предлагается типология медицинских учреждений, которая разработана в результате анализа градостроительных принципов размещения, предоставляемых функций и коечной мощности. Предлагается следующая типология медицинских учреждений:



Рис. 2. Предлагаемая типология медицинских учреждений Йемена

Многопрофильные городские больницы – учреждения здравоохранения, направленные на оказание лечебной, профилактической, диагностической, стационарной медицинской помощи населению. Основная цель многопрофильных больниц – объединение в составе одного учреждения основных лечебных функций (хирургических, терапевтических, операционных, травматологических



и т. д.), в результате чего в одном учреждении происходит оказание всего спектра медицинских услуг. Многопрофильные больницы должны иметь хорошую транспортную доступность, поэтому их принято размещать вблизи крупных транспортных магистралей.

Учитывая вышеизложенное, предлагаем следующую пространственную организацию больницы (рис. 3).



Рис. 3. Схема больницы

Больница разделена на три уровня.

На первом уровне есть два входа. Первый вход в (нижний блок) для целей обслуживания и хранения (кухонная, прачечная), а также для целей технического обслуживания. В этом блоке есть два лифта. Первый предназначен специально для кухни, а второй обслуживает прачечную. Между лифтами нет разделения, поскольку нет помех между их функциями и использованием. Кухня была спроектирована таким образом, чтобы движение подачи было отдельным, а также не пересекалось с движением на вынос при выходе из кухни или с движением отходов. Кухонный лифт связан непосредственно с работниками столовой на верхнем этаже, а также напрямую связан с кухонной подсобкой, номерами палат и комнатами обработки пищи на стационарных этажах.

Аналогична идея и для прачечной. Процесс стирки белья происходит последовательно: от сортировки, стирки, сушки, глажки, сортировки и сбора. Прачечная должна быть связана с центральным стерилизационным отделением через специальный коридор, также с палатами, с кабинетами медсестер в стационарном отделении. За вторым входом, который расположен на первом уровне (центральный блок), он ведет к административному отделу, лабораторному отделу, отделению педиатрии. Перед ним есть частная парковка для персонала и рабочих в этих секциях.

На втором уровне находится центральный блок с двумя входами с северо-запада специально для врачей и медсестер с собственной парковкой.

На первом этаже центрального блока находится отделение радиологии, чтобы



избежать передачи вредных лучей в другие отделения, а также он вертикально связан с отделением неотложной помощи, поликлиниками, операционным отделом.

На первом этаже центрального блока располагаются: лаборатории, администрация, педиатрия.

На третьем уровне есть четыре входа:

- 1) первый вход – в отделение неотложной помощи;
- 2) второй вход – в поликлинику;
- 3) третий вход – в отделение диализа;
- 4) четвертый вход – в отделение лечения рака.

Отделения неотложной и амбулаторной поликлиники должны располагаться в передней части больницы, поскольку они имеют тесную связь с общественностью.

Отделение неотложной помощи имеет тесные связи с отделением радиологии и лабораторией, аптекой, операционным блоком. В отделении неотложной помощи имеются помещения для небольших и срочных операций.

Операционный блок должен быть изолирован от остальных отделений, чтобы сохранить пространство для свободного движения в случае экстренных случаев, а также, чтобы сохранить чистоту.

В отделении акушерства были запланированы три родильных зала.

Перед ними есть комната для родового процесса, а после них – палата для новорожденных, а также комната для ухода за недоношенными детьми, детская и послеродовые палаты.

В каждом отделении больницы есть отделения сестринского обслуживания.

Также есть два люкса для мужского отделения и женского отделения.

Таким образом, представленный проект учитывает все современные требования к медицинским учреждениям.

Заключение

Медицинские учреждения Йемена будут иметь следующие особенности формирования:

- 1) усложнение и высокая мобильность планировочной структуры зданий;
- 2) приоритетное формирование структуры зданий посредством системы функциональных блок-модулей;
- 3) создание энергоэффективных зданий посредством применения инженерных и планировочных средств;
- 4) формирование природоинтегрированных зданий с применением ландшафтной архитектуры.

Архитектурная среда инновационных медицинских комплексов имеет системный характер функционирования, видоизменения и развития, обусловленный ее многоуровневой иерархической структурой, внутренней взаимосвязью основных составляющих, а под влиянием определенных научно-производственных процессов их типологическая структура в перспективе будет развиваться.

Таким образом, выход на новую типологию зданий здравоохранения, по нашему мнению, вполне закономерен и оправдан. Он позволяет учесть в частности объективные реалии наполнения современной системы здравоохранения, новые конструктивные системы и строительные материалы.



REFERENCES

1. Saida Rahamania. Health status and health services in Algeria. General Authority for Urban Planning. March 2015.
2. The health status of the population of Yemen. Date of appeal-10.02.2019. URL: <http://alhasny.mam9.com/t228-topic>.
3. National Information Center. Report on the health sector in the Republic of Yemen. August 2005.
4. Wikipedia, the free encyclopedia – Yemen. Date of appeal 08.03.2019. <https://en.wikipedia.org/wiki/Yemen>. 08.03. 2019.
5. Maysa Fathi Abu Hasira. Evaluation of the quality of performance of government health institutions according to World Health Organization standards – Case study: The maternity hospital al-Shifa Medical Complex. August 2016.
6. Abdul Majid al-Khalidi, Guide to National models for establishment and equipment of health facilities in the Republic of Yemen, ana'a 2005.
7. Abdulla AW Nasher. Health Sector Reform in the Republic of Yemen – Strategy for Reform. Ministry of Public Health Sana'a, Republic of Yemen. October 2000.
8. Assem Abdel-Hamid El-Jazar. Guide to the rates and planning standards for services in the Arab Republic of Egypt (Health Services). General Authority for Urban planning. 2014.
9. Population and health status in the Republic of Yemen. <https://www.yemen-nic.info/contents/popul/social/popul/studies/healths.pdf>.
10. Prof. Mohammed Yahya Al – Naimi. Decree of the Prime Minister №. (132) for the year 2004 concerning private medical and health facilities in Yemen. Presidency of the Council of Ministers. May 2004.

KOLESNIKOVA Tatiana Nikolaevna, doctor of architecture, holder of the chair of architecture; AL-NAHARI Mohammed Hasan, postgraduate student of the chair of architecture

IMPROVEMENT OF TYPOLOGY OF MEDICAL INSTITUTIONS OF YEMEN

Oryol State University named after I. S. Turgenev

95, Komsomolskaya St., Oryol, 302026, Russia. e-mail: m.alnahari2016@gmail.com

Key words: Yemen, medical institutions, design, health sector, spatial organization, typology.

The article discusses medical institutions of Yemen. The main goal of the work is to improve the typology of medical institutions in Yemen. Tasks: to analyze the state of the medical sector of Yemen, to study the modern typology of medical institutions in Yemen and its features. As a result, the article proposes a project for the spatial organization of a medical institution based on the current needs of patients. This provides a unique opportunity to use current and emerging evidence to improve the physical environment in which nurses and other caregivers work.

© Т. Н. Колесникова, М. Х. Аль-Нахари, 2020

Получено: 24.09.2019 г.



УДК 725+004

А. Р. БОЧКАРЕВА, аспирант кафедры архитектуры; Е. Н. ЛИХАЧЕВ, канд. архитектуры, доц. кафедры архитектуры

ОСОБЕННОСТИ СРЕДЫ МЕДИАЦЕНТРОВ ПОСЛЕДНЕЙ ЧЕТВЕРТИ XX – НАЧАЛА XXI ВВ.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств»
Россия, 630099, г. Новосибирск, Красный проспект, д. 38. Тел.: +7 (383) 209-17-50;
эл. почта: alishkart@gmail.com

Ключевые слова: архитектурные концепции, факторы, новые медиа, медиacentры, медиа-объекты.

На основе анализа концепций и теорий исследователей различных областей деятельности, посвященных взаимосвязям средств медиа, архитектуры и социума, выявляются характерные особенности среды медиacentров последней четверти XX – начала XXI вв.

В последней четверти XX века в ответ на глобальные изменения в различных сферах науки, техники и экономики начала зарождаться новая архитектурная парадигма. Основой новой парадигмы стала трансляция свойств «новых медиа» на архитектуру. «Новые медиа» представляют собой совокупность различных типов коммуникационных средств (компьютерных, цифровых, сетевых), возникших и получивших развитие в последней четверти XX века.

Интеграция новых медиа в городскую среду и архитектуру различных типов общественных зданий повлекла за собой их активную трансформацию. Данному феномену посвящены работы исследователей различных областей деятельности: архитекторов, урбанистов, социологов, культурологов, психологов, специалистов в сфере медиа, экономистов и др. [1]. Помимо технической стороны, исследователи акцентируют внимание на социальной роли новых медиа. Авторы выделяют наиболее актуальные вопросы, связанные с социальным значением новых медиа в городском пространстве и архитектуре медиа-объектов¹: изменение зоны приватности и понимания этой зоны, изменение структуры микросоциальных сетей, трансформация образовательной сферы, изменение форм и норм коммуникации в условиях новой информационной среды [3].

Весомое влияние на развитие теорий и концепций в сфере медиа имели труды канадского ученого Маршала Маклюэна. Еще в 1960-х годах он посвятил ряд работ вопросам развития технологических средств медиа и их влияния на социум. Согласно его теориям, вектор развития человечества зависит от характера средств медиа, используемых людьми. Под «медиа» автор подразумевает любое средство, выполняющее роль посредника между человеком и внешней средой, использование которого вносит изменения в коммуникацию человека с окружающим миром, а также реорганизует его способ восприятия среды [4].

¹В архитектуре медиа-объекты представляют собой различные типы общественных зданий, в которых важнейшими процессами являются социальная коммуникация, а также информационный обмен на различных уровнях. К ним относятся: выставочные центры, медиатеки, центры культуры и т. д. [2].



Маклюэн отмечает, что этапные моменты в развитии медийных средств соответствуют масштабным технологическим изобретениям. Он описывает мир середины XX века как «Глобальную деревню», в котором Спутники и электричество являются факторами, формирующими доступность информационной среды [5]. Житель «Глобальной деревни» существует в медиасреде, сформированной коммуникационными средствами. По Маклюэну, медиасреда создана искусственно и имеет три главных свойства: эмерджентность; незаметность и перманентная изменчивость [6].

Медиасреда, согласно теориям Маклюэна, представляет собой нечто большее, чем просто совокупность коммуникационных средств, которые формируют ее. «Скрещивания, или гибридные соединения средств коммуникации, высвобождают великую новую силу...» [7], – автор описывает эмерджентность – свойство среды как целостной системы, возникающее благодаря взаимодействию ее составных средств. Особенность в том, что данное свойство не присуще отдельным элементам системы, а возникает при их объединении [8].

Следующая особенность: медиасреды по Маклюэну – это незаметность. В обыденной жизни человек не акцентирует внимание на всей медиасреде, которая связывает его с окружающим миром.

Третье свойство медиасреды – перманентная изменчивость. Согласно заключениям Маклюэна, медийная среда постоянно трансформируется сама и при этом оказывает влияние на социум [9].

Испанский социолог Мануэль Кастельс так же, как и Маклюэн, в своих работах выделяет появление телевидения как важный аспект развития медиа, спровоцировавший «коммуникационный взрыв». Кастельс отмечает, что выражение общества – это пространственная среда, и поскольку общество подвергается трансформации, то возникают новые пространственные формы и процессы, что отражается и на архитектуре. «Это происходит потому, что пространство не есть отражение общества, это его выражение. Иными словами, пространство не есть фотокопия общества, оно и есть общество» [10].

В 2001 году была опубликована книга исследователя Льва Мановича «Язык новых медиа», в которой он, анализируя развитие новых медиа, описал их актуальные и на сегодняшний день черты: кодирование информации, модульность, автоматизация процесса создания, изменчивость, главенствование компьютерной логики, которой подчиняется культурная логика [11].

Также автор в своих работах отмечает, что специфичной чертой новых медиа служит *потребность в их визуализации*, которая представляет собой репрезентацию данных, находящихся в нематериальной форме с помощью графических инструментов для дальнейшего восприятия человеком [12]. Это позволяет интегрировать медиа в городскую среду и архитектуру зданий. «Виртуальность больше не заключена в рамки экранов стационарных компьютеров, а встроена в обогащенное уличное пространство, она пронизывает весь город и путешествует вместе с людьми...» [13].

Архитектура зданий стала использоваться в качестве медийных «экранов», что позволило сформировать объекты, реагирующие на изменения в окружающей среде. Японский архитектор Тойо Ито отмечает, что главная задача архитектуры – это наглядное представление информации: «Исстари подразумевалось, что архитектура служит человеку для того, чтобы встроиться в природную среду. Современная архитектура нуждается в том, чтобы, кроме этого, функционировать как средство «вращения» в информационную среду. Она должна функционировать как



развитая форма кожи и в отношениях с природой, и в отношениях с информацией. Архитектура сегодня должна быть медиа-оболочкой» [14].

Революционным проектом Тойо Ито, концептуальное решение которого оказало влияние на формирование медиа-объектов и их восприятие, является медиатека Сендай, построенная в 2001 году. Проект является отражением идеи о том, что здание служит оболочкой для различных типов средств медиа. Тойо Ито таким образом описывает процесс проектирования: «До нашего проекта в Японии не было построено ни одной медиатеки. Так что мы начали с того, что спросили себя: Что должна представлять собой медиатека? Ответ прост: Медиа – это не только важнейшие электронные коммуникации. Но также и книги, фотографии, художественные работы. Не случайно здание должно было иметь и художественную галерею...» [15]. Тойо Ито акцентирует внимание на том, что главными критериями концептуального решения медиатеки Сендай служат безбарьерная среда, открытость и полная доступность. Отсутствие ограничений, выражающихся в конструктивном, объемно-пространственном решении объекта, а также его многоцелевое назначение – эти аспекты являются ключевыми моментами в стратегии приблизить библиотеку к социуму.

Профессор архитектуры Массачусетского университета Уильям Митчелл проводил исследования в области осмысления мира в связи с сетевой и технологической революцией, уделяя особое внимание архитектуре. Автор делает акцент на том, что современные сетевые структуры обусловили новые распределения деятельности людей в городском пространстве. При этом города уже меньше нуждаются в специализированных пространствах. Однако потребность в многогранных публичных удобных пространствах, где находятся люди с различными потребностями, наоборот возрастает. Меняется структура архитектуры: утрачивается роль жесткого функционального зонирования в зданиях, пространство становится гибким для обитания «электронных кочевников» – так автор называет горожан [16].

Еще один профессор Массачусетского университета Генри Дженкинс рассматривал вопросы трансформации социума под воздействием развития цифровых технологий. Исследователь утверждает, что медийные ресурсы необходимо создавать с учетом того, что пользователь будет принимать активное участие в производстве продукта. Необходимо не создавать контент и отдавать его массам, а создавать удобную среду, где пользователи сами смогут, а главное, захотят его производить. Таким образом, речь идет о культуре участия. Данная концепция была сформирована в начале XXI века в качестве противопоставления культуре потребления. Изначально она была применена по отношению к музеям. «Музей включен в процесс культурного производства и потребления, но по своей природе он противостоит культуре потребления, так как наделен эксклюзивным правом изымать вещи из товарооборота. Классический музей сосредоточен на презентации коллекций и в своих решениях исходит из того, что он может интересно показать посетителям. Тогда как современный музей ставит во главу угла вовлечение и обмен» [17]. Исследователи выделяют следующие элементы, формирующие данную концепцию: сюжет, игровой момент, сценарий; тактильность; новизна; диалог и интерактивность [18].

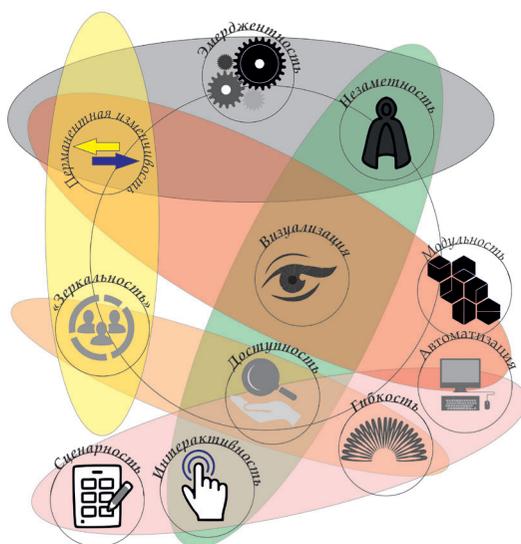
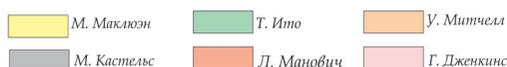
Житель «глобальной деревни», «электронный кочевник» – активный пользователь современных медиатек, центров культуры и других типов медиацентров².

²Медиацентр (media center) – учреждение, включающее комплекс выставочных и кино/видеозалов, студий, офисов медийных фирм, медиатеку и т. п. [20].



В медиacentрах взаимодействие человека и информации вышло на новый уровень, на котором человек является одновременно как потребителем информации, так и ее создателем. Таким образом, реализуется концепция культуры участия. Различные аспекты «культуры участия» в медиacentрах нашли свое отражение в процессах коммуникации, происходящих на различных уровнях. Законы медиа-мира стали закономерностями архитектуры медиacentров. Концепция: здание – это лишь оболочка для средств медиа, воплощенная архитектором Тойо Ито в медиатеке Сендай, изменила восприятие медиacentров начала XXI века. «Информация без материального носителя порождает архитектуру «без материала», близкую чистой концепции, что определяет эфемерный и предельно универсальный художественный образ сооружения. Архитектура вступает в комплексное взаимодействие с высокотехнологичной виртуальной «начинкой», являясь ее продолжением в реальном пространстве на уровне метафоры» [19].

Пространство медиacentра – это медиасреда. Соответственно, оно создано искусственно и обладает теми же свойствами медиасреды, которые были определены Маршаллом Маклюэном: эмерджентностью; незаметностью и перманентной изменчивостью. Постоянно развивающиеся коммуникационные технологии обеспечивают ее эмерджентность, а также поясняют необходимость организации новых типов пространств, способных адаптироваться под запросы социума. Изменения в окружающей среде транслируются и на внешний облик зданий медиacentров путем использования их фасадов в качестве экранов. Таким способом выражается потребность в визуализации средств медиа. Человек, находясь в медицентре, не ощущает внешнего воздействия среды, так как отсутствие жестких пространственных границ делает незаметным переход одной функциональной зоны к другой. Таким образом, пространство медиacentра обладает чертой незаметности.



Модель, характеризующая взаимосвязь теорий и научных представлений о свойствах медийной среды и архитектуры медиacentров



Рассмотренные концепции и теории различных исследователей нашли отражение в разработанной модели, характеризующей взаимосвязь теорий и научных представлений о свойствах медийной среды и архитектуры медиацентров последней четверти XX – начала XXI века (рисунок).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тумольская, А. В. Медиа и современный город: обзор некоторых концепций / А. В. Тумольская. – Текст : непосредственный // Закономерности и тенденции инновационного развития общества : сборник статей Международной научно-практической конференции: в 6 частях. – Уфа, 2017. – С. 175.
2. Кулиш, Д. В. Архитектура медиацентров : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Д. В. Кулиш ; Московский архитектурный институт. – Москва, 2006. – 165 с. – Текст : непосредственный.
3. Антонова, А. В. Социология новых медиа: проблемы исследования / А. В. Антонова. – Текст : непосредственный // Дыльновские чтения : материалы IV международной научно-практической конференции. – Саратов, 2017. – С. 15–17.
4. Пастухов, А. Г. О границах медиа: новые медиа и новая медийная культура / А. Г. Пастухов. – Текст : непосредственный // Ученые записки ОГУ. Серия «Гуманитарные и социальные науки». – 2015. – № 1. – С. 182–188.
5. Маклюэн, М. Средство само есть содержание / М. Маклюэн. – Текст : непосредственный // Информационное сообщество : сборник. – Москва, 2004. – С. 341–348.
6. Маклюэн, М. Война и мир в глобальной деревне : монография / М. Маклюэн, К. Фиоре ; перевод с английского И. Летберга. – Москва : АСТ, 2012. – ISBN 978-5-17-075829-6. – 219 с. : ил. – Текст : непосредственный.
7. Радулова, Я. И. XXI век. Особенности формирования пространственных границ в архитектуре и градостроительстве / Я. И. Радулова. – Текст : непосредственный // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2014. – № 3 – С. 41–46.
8. Комлев, Н. Г. Словарь иностранных слов : [более 4500 слов и выражений] / Н. Г. Комлев. – Москва : Эксмо, 2006. – 669 с. – ISBN 5-699-15967-3. – Текст : непосредственный.
9. Чумакова, В. П. Роль Герберта Маршалла Маклюэна в социологии медиа и формировании научного направления «медиаэкологии» / В. П. Чумакова. – Текст : электронный // Медиаскоп : электронный научный журнал. – 2015. – № 1. – URL: <http://www.mediascope.ru/1695> (дата публикации: январь 2015).
10. Кастельс, Мануэль. Информационная эпоха : Экономика, общество и культура / Мануэль Кастельс ; перевод с английского под научной редакцией О. И. Шкаратана ; Государственный университет Высшей школы экономики. – Москва, 2000. – 606 с. : ил., табл. – ISBN 5-7598-0069-8. – Текст : непосредственный.
11. Манович, Л. Язык новых медиа / Л. Манович ; перевод Дианы Кульчицкой. – Москва : Ад Маргинем Пресс, 2018. – 400 с. – ISBN 978-5-91103-411-5. – Текст : непосредственный.
12. Manovich, L. Media Visualization: Visual Techniques for Exploring Large Media Collections / L. Manovich. – Text : electronic // Media Studies Futures / K. Gates (ed.). – London ; New York, 2012.
13. Новикова, В. Ю. Мыслящее пространство: встраивание новых медиа в городскую инфраструктуру / В. Ю. Новикова. – Текст : непосредственный // Социальные процессы в полиэтническом обществе: II Казанские студенческие социологические чтения : сборник материалов конференции студентов и аспирантов с международным участием (Казань, 18 апреля 2017 года) / под ред. С. А. Ахметовой, С. Г. Галимовой ; Казанский (Приволжский) федеральный университет. – Казань, 2017. – С. 69–73.
14. Кудаева, Е. А. Динамичность и интерактивность как характерные черты современной архитектуры / Е. А. Кудаева ; Московский архитектурный институт. – Текст : электронный // Architecture and modern information technologies (Архитектура



и современные информационные технологии) : международный электронный сетевой научно-образовательный журнал. – 2015. – № 2 (31). – С. 29. – URL: <https://marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/kudaeva/kudaeva.pdf> (дата публикации: май 2015).

15. Дуцев, М. Особенности формирования архитектуры современных медиа-пространств / Михаил Дуцев ; Нижегородская региональная организация Союза Архитекторов России. – Текст : электронный. – URL: <http://www.archiludi.ru/?p=573> (дата обращения 24.04.2018).

16. Митчелл, У. Дж. Я++: человек, город, сети / У. Дж. Митчелл ; перевод с англ. Д. Симановского. – Москва: Strelka Press, 2012 – 328 с. – ISBN 978-5-9903364-1-4. – Текст : непосредственный\

17. Маликова, Д. Н. Потребность в диалоге: новая модель взаимодействия музея с публикой / Д. Н. Маликова. – Текст : непосредственный // Культура, личность, общество в современном мире: Методология, опыт эмпирического исследования : XVIII международная конференция памяти профессора Л. Н. Когана (г. Екатеринбург, 19-20 марта 2015 г.) ; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург, 2015. – С. 346–355.

18. Синицина, О. Образовательные программы в музеях и музейные библиотеки / О. Синицина // Музей как пространство образования: игра, диалог, культура участия / ответственный редактор А. Щербакова ; составитель Н. Копелянская. – Москва, 2012. – С. 98–105.

19. Будникова, А. «Электронно-биоморфное». На грани древневосточной философии и кибернетики / А. Будникова. – URL: <https://syg.ma/@anna-budnikova/elektronno-biomorfnoie-na-ghrani-drievnievostochnoi-filosofii-i-kibiernietiki> (дата обращения: 05.03.2019). – Текст : электронный.

20. Словарь терминов по медиаобразованию, медиапедагогике, медиаграмотности, медиакомпетентности / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Таганрогский государственный педагогический институт» ; автор-составитель А. В. Федоров. – Таганрог : Таганрогский гос. пед. ин-т, 2010. – 62 с. ISBN 978-5-87976-640-0. – Текст : непосредственный.

BOCHKARYOVA Alina Ramilevna, postgraduate student of the chair of architecture; LIKHACHYOV Evgeny Nikolaevich, candidate of architecture, associate professor of the chair of architecture

FEATURES OF THE MEDIA CENTER'S ENVIRONMENT IN THE LAST QUARTER OF THE XX – THE BEGINNING OF THE XXI CENTURIES

Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts
38, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630099, Russia. Tel.: +7 (383) 209-17-50;
e-mail: alishkart@gmail.com

Key words: architectural concepts, factors, new media, media centres, media objects.

The article reveals characteristic features of the environment of media centers of the last quarter of the XX – beginning of the XXI century based on the analysis of concepts and theories of researchers in various fields of activity devoted to the interrelationships of media, architecture and society.

REFERENCES

1. Tumolskaya A. V. Media i sovremenny gorod: obzor nekotorykh kontseptsiy [Media and modern city: overview of some concepts] // Zakonomernosti i tendentsii innovatsionnogo razvitiya obschestva. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 6 chastyakh. – Ufa, 2017. P. 175.



2. Kulish D. V. Arkhitektura mediatsentrov [Architecture of media centers]: dis. kand. arkhitektury. Mosk. arkhitektur. in-t. Moscow. 2006, 165 p.
3. Antonova A. V. Sotsiologiya novykh media: problemy issledovaniya [Sociology of new media: problems of research] // Dylnovskie chteniya: Materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saratov. 2017. P. 15–17.
4. Pastukhov A. G. O granitsakh media: novye media i novaya mediynaya kultura [On the limits of media: new media and new media culture] // Uchyonye zapiski OGU. Seriya: Gumanitarnye i sotsialnye nauki –2015. № 1. P. 182–188.
5. Maklyuen M. Sredstvo samo est sodержanie [The means itself is the content] // Informatsionnoe soobshchestvo : sbornik [Information community: selected articles]. – Moscow, 2004. P. 341–348.
6. Maklyuen M., Fiore K. Voyna i mir v globalnoy derevne [War and peace in the global village]: monografiya; perevod s angl. I. Letberga. – Moscow : AST : Astrel, 2012. – ISBN 978-5-17-075829-6. – 219 p. : il.
7. Radulova Ya. I. XXI vek. Osobennosti formirovaniya prostranstvennykh granits v arkhitekture i gradostroitelstve [XXI century. Features of formation of spatial boundaries in architecture and town-planning] // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arkhitektura [SGASU bulletin. Town-planning and architecture]. – 2014. № 3. P. 41–46.
8. Komlev N.G. Slovar inostrannykh slov [Dictionary of foreign words]. Moscow, Eksmo, 2006. 669 p. ISBN 5-699-15967-3.
9. Chumakova V.P. Rol Gerberta Marshalla Maklyuena v sotsiologii media i formirovanii nauchnogo napravleniya «mediaekologii» [The role of Herbert Marshall McLuhan in the sociology of media and formation of the scientific direction of "mediaecology"] // Mediaskop: elektronny nauchny zhurnal. 2015. № 1. URL: <http://www.mediascope.ru/1695> (data publikatsii: yanvar 2015).
10. Kastel M. Informatsionnaya epokha. Ekonomika, obshchestvo i kultura [Information age. Economy, society and culture] / per. s angl. pod nauchoy red. O.I. Shkaratana. Gos. un-t Vysshye shkoly ekonomiki. Moscow, 2000. 606 p. : il., tabl. – ISBN 5-7598-0069-8.
11. Manovich L. Yazyk novykh media [New media language] / Perevod Diany Kulchitskoy. Moscow. Ad Marginem Press, 2018, 400 p. ISBN 978-5-91103-411-5.
12. Manovich L. Media Visualization: Visual Techniques for Exploring Large Media Collections // Media Studies Futures / K. Gates (ed.). L.; N.Y.: Wiley-Blackwell, 2012.
13. Novikova V. Yu. Myslyashee prostranstvo: vstraivanie novykh media v gorod-skuyu infrastrukturu [Thinking space: embedding new media in urban infrastructure] // Sotsialnye protsessy v politnicheskom obshchestve: II Kazanskiye studencheskie sotsiologicheskie chteniya / sbornik materialov konferentsii studentov i aspirantov s mezhdunarodnym uchastiem (Kazan, 18 aprelya 2017 goda) / pod red. S. A. Akhmetovoy, S. G. Galimovoy. Kazanskiy (Privolzhskiy) federalny universitet. Kazan, 2017. P. 69–73.
14. Kudaeva E. A. Dinamichnost i interaktivnost kak kharakternye cherty so-vremennoy arkhitektury [Dynamism and interactivity as characteristic features of modern architecture] / Mosk. arkhitektur. in-t. // Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii [Architecture and modern information technologies]: mezhdunarodny elektronny setevoy nauchno-obrazovatelny zhurnal, 2015. – № 2 (31). – P 29. URL: <https://marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/kudaeva/kudaeva.pdf> (data publikatsii: may 2015).
15. Dutsev M. Osobennosti formirovaniya arkhitektury sovremennykh media-prostranstv [Features of the formation of the architecture of modern media spaces]. Nizhegorodskaya regionalnaya organizatsiya Soyuza Arkhitektorov Rossii. URL: <http://www.archiludi.ru/?p=573> (data obrashheniya 24. 04. 2018).
16. Mitchell W. J. Ya++: chelovek, gorod, seti [Me++: man, city, networks] / per. s angl. D. Simanovskogo. Moscow : Strelka Press, 2012, 328 p. ISBN 978-5-9903364-1-4.
17. Malikova D. N. Potrebnost v dialogue: novaya model vzaimodeystviya muzeya s publikoy [The need for dialogue: a new model of museum interaction with the public] // Kultura, lichnost, obshchestvo v sovremennom mire: Metodologiya, opyt empiricheskogo issledovaniya, XVIII Mezhdunarodnaya konferentsiya pamyati prof. L. N. Kogana, Ekaterinburg, 19-20 marta 2015 g.,



Uralskiy federalny universitet imeni pervogo Prezidenta Rossii B. N. Eltsina. – Ekaterinburg, 2015. P. 346–355.

18. Sinitsina O. Obrazovatelnye programmy v muzeyakh i muzeynye biblioteki [Educational programs in museums and museum libraries] // Muzei kak prostranstvo obrazovaniya: igra, dialog, kultura uchastiya [Museum as an educational space: game, dialogue, participation culture] / Otv. red. A. Sherbakova. Sost. N. Kopelyanskaya., Moscow. 2012. P. 98–105.

19. Budnikova A. «Elektronno-biomorfnoe». Na grani drevnevostochnoy filosofii i kibernetiki ["Electronic-biomorphic". On the verge of ancient oriental philosophy and cybernetics] // URL: <https://syg.ma/@anna-budnikova/elektronno-biomorfnoe-na-ghrani-drevnevostochnoi-filosofii-i-kibiernietiki> (data obrascheniya: 05.03.2019).

20. Slovar terminov po mediaobrazovaniyu, mediapedagogike, mediagramotnosti, mediakompetentnosti [Glossary of terms on media education, media pedagogy, media literacy, media competence]. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Federalnoe agentstvo po obrazovaniyu, Taganrog. gos. ped. in-t; avtor-sostavitel A. V. Fyodorov. Taganrog: 2010, 64 p. ISBN 987-5-87976-640-0.

© А. Р. Бочкарева, Е. Н. Лихачев, 2020

Получено: 24.09.2019 г.

УДК 72.012.8:364.6 (470.341-25)

А. В. ЩЕГОЛЕВА, канд. культурологии, доц. кафедры архитектуры;
А. А. САЛЬНИКОВА, магистрант кафедры архитектуры

ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ ННГАСУ)

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

Ключевые слова: маломобильные группы населения, доступная среда, требования доступности объекта и их нарушения, лифт для эвакуации, разумное приспособление.

Рассмотрены основные несоответствия учебных корпусов ННГАСУ действующим нормативам по обеспечению доступной среды для маломобильных групп населения и предложены варианты адаптации объектов с учетом принципа разумного приспособления.

В России долгое время существовало сложившееся мнение по поводу обучения людей с инвалидностью: оно представляло собой сегрегационную модель обучения, заключающуюся в создании специализированных учебных заведений (интернатов) для лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Со времени подписания Конвенции ООН о правах инвалидов система образования для лиц с ОВЗ постепенно переходит с сегрегационной на инклюзивную, предполагающую совместное обучение инвалидов и людей, не имеющих проблем со здоровьем. Такой подход должен обеспечить более качественную интеграцию инвалидов в общество, сделать их более социально-вовлеченными и конкурентно-способными членами общества.

По данным официальной службы государственной статистики [1], имеются



следующие сведения об инвалидах-студентах, обучающихся в России по профессиональным образовательным программам (табл. 1).

Таблица 1

Образовательные программы

| Образовательные программы | Численность студентов, чел. | |
|--|-----------------------------|--------------|
| | 2008–2009 г. | 2018–2019 г. |
| Образовательные программы среднего профессионального образования | 14 871 | 25 004 |
| Образовательные программы высшего образования | 24 994 | 22 890 |

Согласно СП [2], все вновь строящиеся и реконструируемые здания и сооружения должны соответствовать требованиям универсального дизайна, т. е. быть доступными, комфортными и безопасными для использования всеми членами общества. В соответствии с программой «Доступная среда» до 2030 года должны стать полностью доступными все объекты образования, включая высшие учебные заведения.

Строительный университет не является исключением, необходимость приспособления зданий ННГАСУ в новых условиях не вызывает сомнений. Объемно-планировочные решения корпусов морально устарели с точки зрения универсального дизайна и требуют реновации. При рассмотрении этой проблемы – доступности для маломобильных групп населения (МГН) – нужно учесть один крайне важный момент. По определению [2], к МГН относятся люди, испытывающие затруднения при самостоятельном передвижении или при ориентировании в пространстве (инвалиды, люди с временным нарушением здоровья, пожилые люди старше 60 лет, беременные женщины, люди с детскими колясками, с малолетними детьми и т. д.). Нельзя забывать, что в университете, кроме обучающихся (студентов, абитуриентов), много времени проводят преподаватели и другие сотрудники ННГАСУ. Определить процент людей с инвалидностью среди них достаточно сложно, но можно соотнести по возрасту. По запросу была получена информация на 2019 год о количестве сотрудников старше 60 лет, которые по определению относятся к МГН, – их 301 человек из общего числа сотрудников (967 человек), то есть около 31 %. Это очень значительная цифра.

Однако при исследовании возможных решений для приспособления доступа МГН открылось огромное количество сложностей. В качестве основных корпусов для разработки проекта были выбраны учебные корпуса № 1 и № 2 Нижегородского Государственного архитектурно-строительного университета, поскольку в них находятся центральный вход и основное количество учебных аудиторий (принимая во внимание, что наиболее крупные корпуса № 5 и № 6 изначально были оснащены лифтами).

Здание расположено по адресу: г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65. Кирпичное, имеет высоту от 3 до 5 этажей. Корпуса соединены переходами в уровне 1-го, 2-го и 3-го этажей.

В настоящее время ситуация обстоит следующим образом. Самостоятельный вход в здание невозможен для инвалидов-колясочников, однако возможен с применением имеющихся мобильных подъемников при помощи сотрудников университета. Имеются таблички со шрифтом Брайля при главном входе в корпус

**К СТАТЬЕ А. В. ЩЕГОЛЕВОЙ, А. А. САЛЬНИКОВОЙ
«ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ
ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ ННГАСУ)»**

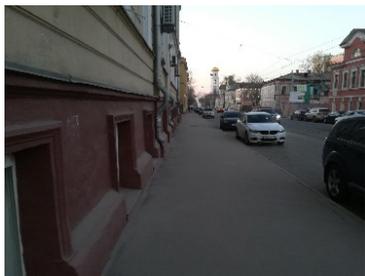


Рис. 1. Со стороны ул. Ильинской (главный вход)



Рис. 2. Внутренний двор (парковочная зона)



Рис. 3. Главный вход в ННГАСУ, корпус № 2, ул. Ильинская, 65



Рис. 4. Дренажная напольная решетка при входе



Рис. 5. Входная дверь корпуса № 2



Рис. 6. Лестница № 2 в корпусе № 2, соединяющая вестибюль и 1 этаж с аудиториями



Рис. 7. Лестница, корпус № 2, 3 этаж

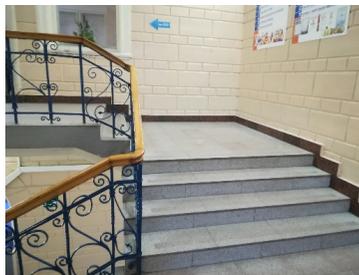


Рис. 8. Лестница, корпус № 1



Рис. 9. Лестница, корпус № 2, 3 этаж



Рис. 10. Лестница, корпус № 1, 5 этаж



Рис. 11. Лестница, корпус № 1, 4 этаж



Рис. 12. Пандус, корпус № 1, 4 этаж



Рис. 13. Пандус, корпус № 2, 2 этаж



Рис. 14. Пандус, корпус № 1, 2 этаж

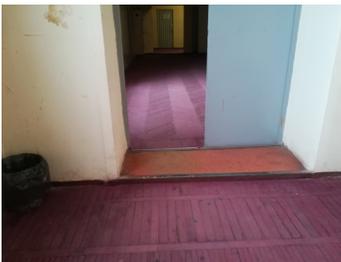


Рис. 15. Порог в дверном проеме, корпус № 1, 5 этаж



Рис. 16. Порог в дверном проеме, корпус № 1, 5 этаж



№ 2 и на 1-м этаже после турникетов. Перед входами во внутренние помещения таблички отсутствуют. Дверные проемы, предназначенные для использования посетителями, имеют достаточные размеры в свету ($>0,9$ м по ширине и $>2,1$ м по высоте). В аудиториях $>1,2$ м. Ширина коридоров >2 м, высота проемов $>2,1$ м, пространство для разворотов и поворотов достаточное и превышает требуемые минимальные значения. Расстояние перед дверями достаточное, проходы в помещениях, предназначенных для пребывания МГН, обеспечиваются. Ковровые покрытия в помещениях отсутствуют. На путях движения имеющиеся ковровые покрытия (пандусы на перепаде высот в корпусе № 1, 2 этаж) закреплены. Лестницы, предназначенные для использования МГН, имеют ширину $>1,35$ м.

Оборудован для использования инвалидами один санузел, расположенный в корпусе № 1 на втором этаже. Перед входом в него имеется табличка с указанием доступности помещения со шрифтом Брайля.

Основные выявленные нарушения требований доступности согласно [2] с указанием соответствующего пункта:

1. На территории, прилегающей к зданию (участок):
 - отсутствует выделенная парковочная зона для инвалидов (п. 5.2.1), рис. 1, 2 цв. вклейки;
2. Вход (входы) в здание:
 - поручни по краям лестницы не соответствуют техническим требованиям к опорным стационарным устройствам [3];
 - лестница имеет изменяющуюся ширину от 7 до 10 м, при этом разделительные поручни отсутствуют (п. 6.1.2), рис. 3 цв. вклейки;
 - пандус отсутствует (п. 6.1.1, п. 6.1.2);
 - дренажные решетки накладного типа возвышаются над поверхностью покрытия пола выше 0,014 м. Напольные тактильные указатели отсутствуют (п. 6.1.8), рис. 4 цв. вклейки;
 - пороги выше 0,014 м. На прозрачном полотне двери отсутствует контрастная маркировка (п. 6.1.5, п. 6.1.6), рис. 5 цв. вклейки;
3. Путь (пути) движения внутри здания, в т. ч. пути эвакуации:
 - на лестницах на краевых ступенях лестничных маршей отсутствуют контрастные противоскользящие полосы (п. 6.2.8);
 - отсутствие тактильно-контрастных указателей перед входами на лестницы (п. 6.2.3);
 - отсутствие поручней на лестницах (п. 6.2.11), рис. 6–11 цв. вклейки;
 - отсутствие поручней на пандусах (п. 6.2.11), рис. 12–14 цв. вклейки;
 - на перепадах высот отсутствуют пандусы или подъемные устройства (п. 6.2.8);
 - имеются пороги высотой более 0,014 м (п. 6.1.5), рис. 15, 16 цв. вклейки;
 - на поручнях отсутствуют полосы, информирующие об окончании перил и рельефные обозначения этажей (п. 6.2.12);

Согласно разделу 4.2 [2], на индивидуальных стоянках около общественных зданий должны быть предусмотрены парковочные места для инвалидов при числе мест до 100 (5 %), но не менее одного парковочного места.

Парковочные места должны размещаться на расстоянии от входа не более 50 м. Разметка места для парковки должна иметь размеры в плане $6,0 \times 3,6$ м, что дает возможность создать безопасную зону сбоку и сзади машины – 1,2 м.

Ввиду стесненных условий вблизи со входом в здание возможно устройство парковочного места для инвалидов вдоль тротуара в заездном кармане

(рис. 1), либо установка знаков и нанесение разметки во внутреннем дворе, вблизи эвакуационного выхода из корпуса № 2 во внутренний двор [4].

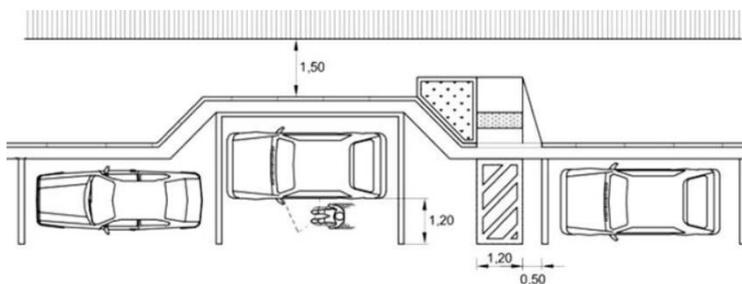


Рис. 1. Схема расположения парковочного места в заездном кармане

Входная группа располагается на высоте 7 ступеней (1,05 м). Согласно [2], высота подъема одного марша пандуса не должна превышать 0,8 м, а максимальная длина полотна пандуса – 9 м, уклон (для реконструируемых зданий) – до 8 % (1:12). Оптимальная ширина полотна пандуса составляет 1 м. Разворотная горизонтальная площадка должна быть не менее 1,4×1,4 м. Конструкция таких габаритов не размещается при входной группе главного корпуса, поэтому оптимальным решением является подъемник для перемещения в вертикальном направлении, причем стационарной конструкции.

Продолжим преодолевать входную группу. Грязезащита входного узла делится на 3 ступени:

1. Уличное покрытие (стальные решетки);
2. Тамбур (комбинированные стальные и ворсовые решетки);
3. Холл (ворсовые ковры).



Рис. 2. Слева – система уличной грязезащиты, выполненная с прямком; справа – пандус перекастной

Согласно [2], напольные покрытия не должны выступать над поверхностью пола более чем на 0,014 м и должны быть закреплены по периметру. Поэтому 1-ю и 2-ю ступени грязезащиты следует установить в одном уровне с поверхностью напольного покрытия, посредством устройства прямком (рис. 2). Ковровое



покрытие 3-й степени защиты закрепить по периметру алюминиевыми стыковочными порошками. В дверных проемах, где пороги возвышаются над уровнем пола более чем на 0,014 м, устроить перекатные пандусы.

Далее из вестибюля корпуса № 1 должна быть возможность для МГН попасть в помещения первого и второго корпусов и, что самое главное, эвакуироваться из них в случае пожара или чрезвычайной ситуации.

Эвакуацию МГН со второго и последующих этажей данных корпусов возможно осуществить только посредством лифта. Такой вариант возможен [5], при этом лифт должен быть специализированным, приспособленным для перемещения пожарных подразделений. Разработка проекта лифта оказалась наиболее сложной задачей.

Согласно [2], минимальные размеры кабины лифта должны быть не менее 1 100 мм в ширину и 1 400 мм в длину (п. 6.2.13), с дверным проемом не менее 900 мм (п. 6. 2.14), и вмещать человека на инвалидной коляске с сопровождающим. Наиболее подходящее лифтовое оборудование – с проходной кабиной требуемых габаритов, без машинного отделения, с размерами шахты 1 950×1 900. Модель ПП0601Е производства ШЦЛЗ (техническое задание – с сайта производителя [6]).

С учетом вышеперечисленных обязательных требований было выбрано место для размещения лифта. В качестве возможных вариантов были рассмотрены лестничные клетки первого и второго корпусов, однако расстояния между лестничными маршами в свету оказались недостаточными. К тому же, в первом корпусе невозможно организовать выход в вестибюль, минуя лестницы.

Для размещения лифта с соблюдением всех требований было выбрано место снаружи здания, с левой стороны от входной лестницы в первый корпус. В данном варианте лифт будет располагаться наиболее близко ко входу и иметь равноудаленный доступ из обоих корпусов. Вход в поэтажные лифтовые холлы будет осуществляться из холлов (переходов) первого корпуса на этажах с 1 по 3, расположенных по осевой линии над входом. На 4-м и 5-м этажах вход предусмотрен со стороны второго корпуса, поскольку переходов на этих этажах нет. Эскизный проект представлен на рис. 3 и 4.

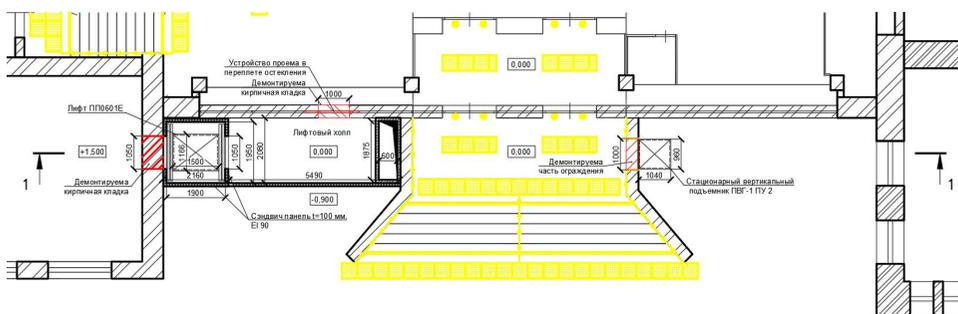


Рис. 3. Эскизный план лифта для 1-го и 2-го корпусов

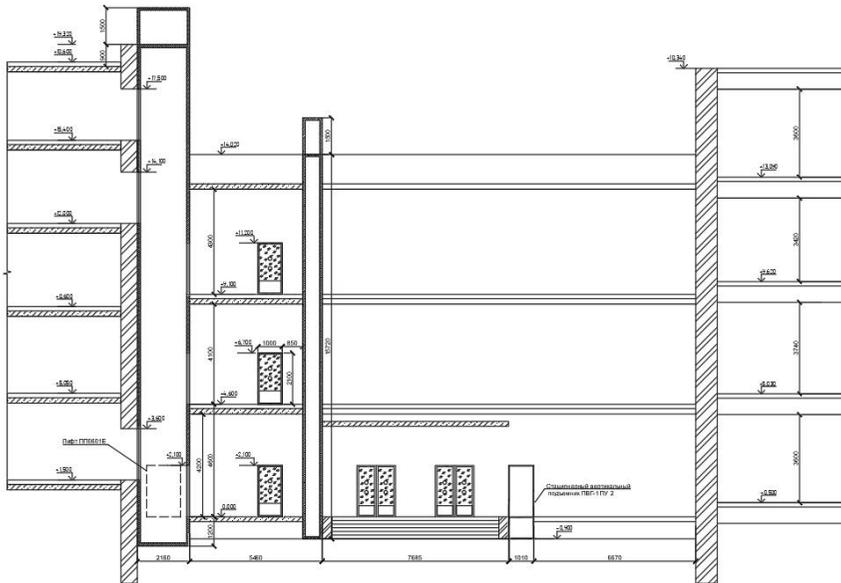


Рис. 4. Эскизный разрез лифта 1-го и 2-го корпусов

Данный эскизный проект нужно рассматривать как предложение. При реальной подробной разработке проекта лифта необходимо будет решить два вопроса – вопрос юридического регулирования и вопрос технического регулирования.

Поскольку первый корпус ННГАСУ принадлежит к ОКН, разработку и установку лифта необходимо заявить и согласовать в Управлении государственной охраны объектов культурного наследия Нижегородской области, должна быть пройдена экспертиза.

Второй вопрос касается непосредственно выбора конструктивного решения и материалов конструкций лифта. Поскольку лифт для эвакуации МГН есть лифт для перемещения пожарных подразделений, он должен быть выполнен по ГОСТ [7]. ГОСТ предписывает строгие требования к ограждающим конструкциям шахты лифта (предел огнестойкости REI 120), ограждений лифтовых холлов (перегородки 1-го типа), а также применение противопожарных дверей 2-го типа в дымогазонепроницаемом исполнении для лифтового холла и противопожарные двери для шахты лифта (предел огнестойкости EI 60). Соблюдение этих условий отменяет, к сожалению, применение светопрозрачных конструкций в проекте, что повлечет за собой значительное изменение фасада.

Кроме этого, в инженерно-техническом решении лифта должно быть предусмотрено оборудование для создания подпора воздуха при пожаре. Это условие диктует устройство дополнительных помещений на крыше (см. разрез на рис. 4) – над шахтой лифта и над лифтовыми холлами. Рядом с лифтовыми холлами для этой же цели предусмотрена вентшахта (рис. 3 и 4), из которой осуществляется подпор воздуха в лифтовые холлы через поэтажные клапаны.

Площадь лифтового холла этажа при таком решении получается небольшая – около 11 кв. м. В данном случае необходимо провести расчет – достаточно ли будет этой площади в процессе эвакуации МГН. Если этой площади будет недостаточно,



то для эвакуации со всех этажей зданий групп населения с ограниченными возможностями передвижения допускается предусматривать на этажах вблизи лифтов, предназначенных для МГН и (или) на лестничных клетках устройство безопасных зон, в которых они могут находиться до прибытия спасательных подразделений [5]. Количество людей, подлежащих эвакуации как МГН, может быть установлено экспертами и оговорено в задании на проектирование.

При таких сложных исходных условиях еще до разработки проекта лифта должны быть разработаны спецтехусловия (СТУ), в которые необходимо включить задание на проектирование, расчет пожарных рисков, компенсационные меры и пр.

В качестве дополнительного пути эвакуации с первого этажа второго корпуса возможно устроить пандус на входе во внутренний двор (расположен на высоте 3 ступеней, т. е. 0,45 м), доступ к которому возможен из холла первого этажа. Предполагаемый вариант пандуса представлен на рис. 5.

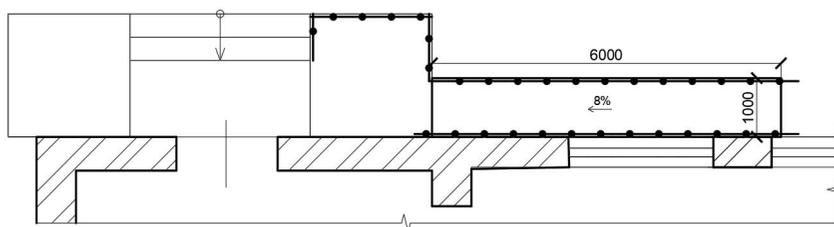


Рис. 5. Предполагаемый вариант пандуса при выходе во внутренний двор

В первом корпусе лестницы с небольшим количеством ступеней (рис. 7–11 цв. вклейки) следует оборудовать откидными или раздвижными аппаратами, поскольку устройство пандусов в этом случае уменьшит ширину лестниц значительно, она будет менее допустимой по требованиям эвакуации (рис. 6).

На проступях краевых ступеней лестничных маршей должны быть нанесены одна или несколько противоскользящих полос, контрастных с поверхностью ступени, как правило, желтого цвета, общей шириной 0,08–0,1 м.

Так как ширина лестницы на основном входе в здание $>4,0$ м, следует дополнительно предусмотреть разделительные двусторонние поручни.

Лестничные поручни должны иметь с обеих сторон участки, выходящие за пределы длины лестничного марша: вверх как минимум на 300 мм и вниз как минимум на 300 мм с прибавлением глубины одной ступени лестницы (рис. 6). Указанные участки должны быть горизонтальными.

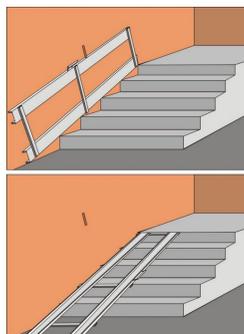
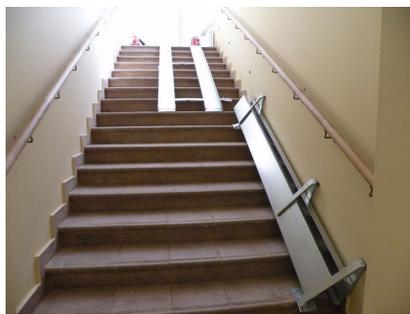


Рис. 6. Варианты устройства аппарелей на лестницах

Высота охватываемой поверхности лестничного поручня над наплывом лестничной ступени должна быть: для верхнего парного поручня – 900 мм; для нижнего парного поручня – не менее 700 и не более 750 мм. Концы лестничного поручня должны быть скруглены или прочно прикреплены к полу, стене или стойке, а при парном их расположении – соединены между собой (рис. 7).

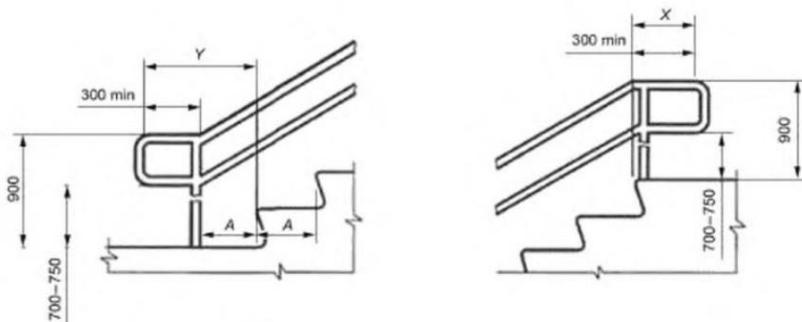


Рис. 7. Поручни опорные стационарные ($x > 300$ мм, $y > 300+A$, где A – ширина проступи)

На завершениях поручней рекомендуется размещать контрастную тактильную разметку, выполненную шрифтом Брайля с информацией об этаже нахождения, а также тактильные предупредительные полосы об окончании перил. Выполняются при помощи наклеек (рис. 8).

Таблички с названием кабинета (аудитории), выполненные на контрастном фоне и продублированные шрифтом Брайля, предназначенные для идентификации назначения помещения, расположить рядом с дверью на высоте 1,4–1,6 м со стороны дверной ручки (рис. 8).

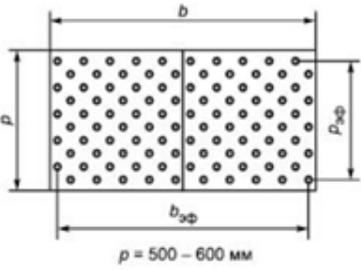
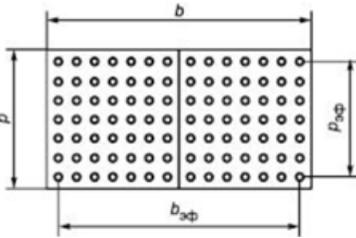
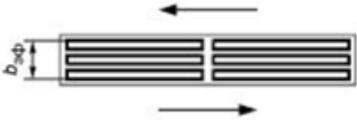


Рис. 8. Тактильная наклейка на поручни и тактильная контрастная табличка с названием кабинета

Тактильные наземные указатели (ТНУ) являются пассивными техническими средствами сигнализации, предупреждающими инвалидов по зрению о препятствиях и опасных местах на путях их следования, а также обозначения безопасных путей следования, обозначения мест их начала и изменения направления движения, мест получения инвалидами по зрению услуг или информации [8]. Типы предложенных напольных ТНУ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Типы предложенных напольных ТНУ

| Обозначение ТНУ и его описание | Назначение |
|--|---|
|  <p>Форма рифления – усеченные конусы или усеченные купола, расположенные в шахматном порядке</p> | <p>Используются для обустройства предупреждающих ТНУ, запрещающих дальнейшее движение (перед стационарными преградами, несущими конструкциями и т. п.)</p> |
|  <p>Форма рифления – усеченные конусы или усеченные купола, расположенные в линейном порядке</p> | <p>Используются в предупреждающих ТНУ, разрешающих движение с осторожностью (перед дверями, лестницами, пандусами) и полях внимания (в начале и конце тактильно обозначенного пути следования, а также места, в котором осуществляется поворот, примыкание или разветвление тактильно обозначенных путей)</p> |
|  <p>Форма рифления – прямолинейные параллельные рифы с плоской вершиной (3 шт.)</p> | <p>Используются для обустройства направляющего указателя для встречного движения</p> |

Выполнение всех вышеперечисленных рекомендаций крайне желательно, однако в случае невозможности при реконструкции, капитальном ремонте зданий полного приспособления объекта для нужд МГН следует осуществлять проектирование архитектурно-строительных, инженерно-технических решений и организационные мероприятия по адаптации объектов в рамках «разумного приспособления». Под разумным приспособлением подразумевается внесение необходимых и подходящих модификаций и коррективов, не становящихся несоразмерным или неоправданным бременем, в целях обеспечения реализации или осуществления инвалидами наравне с другими всех прав человека и основных свобод [9].



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики : раздел «Положение инвалидов». – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/. – Текст : электронный.
2. СП 59.13330.2016. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 ноября 2016 г. № 798/пр : актуализированная редакция СНиП 35-01-2001 : дата введения 15 мая 2017 г. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 36 с. – Текст : непосредственный.
3. ГОСТ Р 51261-2017. Устройства опорные стационарные реабилитационные. Типы и технические требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 ноября 2017 г. № 1772-ст : дата введения 2019-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 19 с. – Текст : непосредственный.
4. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств (с Изменениями № 1, 2, 3) : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2004 г. № 120-ст : дата введения 2006-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 112 с. – Текст : непосредственный.
5. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ ст. 89 : [принят Государственной Думой 04 июля 2008 года : одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года] : [редакция от 27 декабря 2018 года]. – URL: [Consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/](http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/). – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.
6. Щербинский лифтостроительный завод : официальный сайт. – URL: <https://www.shlz.ru/production/lifts>. – Текст : электронный.
7. ГОСТ Р 53296-2009. Установка лифтов для пожарных подразделений в зданиях и сооружениях. Требования пожарной безопасности : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 февраля 2009 г. № 72-ст : дата введения 2010-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071914>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.
8. ГОСТ Р 52875-2018. Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2018 г. № 1029-ст : дата введения 2019-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 24 с. – Текст : непосредственный.
9. Конвенция о правах инвалидов : принята Резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН от 13 декабря 2006 года № 61/106 : ратифицирована Федеральным законом от 03.05.2012 № 46-ФЗ. – URL: <http://docs2.kodeks.ru/document/902114182>. – Текст : электронный.

SCHYOGOLEVA Anastasiya Vladimirovna, candidate of science of culture, associate professor of the chair of architecture; SALNIKOVA Anastasiya Andreevna, undergraduate student of the chair of architecture

CREATING AN ACCESSIBLE ENVIRONMENT FOR PEOPLE WITH LIMITED MOBILITY (BY THE EXAMPLE OF THE NNGASU ACADEMIC BUILDINGS)



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

Key words: low-mobility population groups, accessible environment, accessibility requirements and violations, evacuation elevator, reasonable adjustment.

The article deals with the academic buildings of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and civil engineering, their main inconsistencies with the current standards to ensure an accessible environment for the disabled population. The article also offers some variants of their adaptation taking into account the principle of reasonable adjustment.

REFERENCES

1. Ofitsialny sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki, razdel «Polozhenie invalidov» [Official website of the Federal state statistics service, Section “Disabled people status”]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/.

2. SP 59.13330.2016. Dostupnost zdaniy i sooruzheniy dlya malomobilnykh grupp naseleniya [Accessibility of buildings and structures for people with limited mobility]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon prikazom Ministerstvom stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 14 noyabrya 2016 g. № 798/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 35-01-2001 : data vvedeniya 15 maya 2017 g. – Moscow: Standartinform, 2017, 36 p.

3. GOST R 51261-2017 Ustroystva opornye statsionarnye reabilitatsionnye. Tipy i tekhnicheskie trebovaniya [Stationary supporting devices for rehabilitation. Types and specifications] : natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 17 noyabrya 2017 g. № 1772-st : data vvedeniya 2019-01-01. Moscow: Standartinform, 2018, 19 p.

4. GOST R 52289-2004 Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Pravila primeneniya dorozhnykh znakov, razmetki, svetoforov, dorozhnykh ograzhdeniy i napravlyayuschikh ustroystv [Technical aids for traffic management. Rules for the use of road signs, markings, traffic lights, road fences and guide devices] (s Izmeneniyami № 1, 2, 3) : natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 15 dekabrya 2004 g. № 120-st : data vvedeniya 2006-01-01. Moscow: Standartinform, 2006, 112 p.

5. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharney bezopasnosti [Russian Federation. Laws. Technical regulations on fire safety requirements]: Federalny zakon Rossiyskoy Federatsii ot 22.07.2008 № 123-FZ st. 89 : prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 04 iyulya 2008 goda : odobren Sovetom Federatsii 11 iyulya 2008 goda : redaktsiya ot 27 dekabrya 2018 goda. URL: [Consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/](http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/). – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

6 Scherbinskiy liftoostroitelny zavod [Scherbinsky elevator plant] : ofitsialny sayt. URL: <https://www.shlz.ru/production/lifts>.

7 GOST R 53296-2009 Ustanovka liftov dlya pozharnykh podrazdeleniy v zdaniyakh i sooruzheniyakh. Trebovaniya pozharney bezopasnosti [Installation of elevators for fire departments in buildings and structures. Fire safety requirements] : natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 18 fevralya 2009 g. № 72-st : data vvedeniya 2010-01-01. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071914>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

8 GOST R 52875-2018 Ukazateli taktilnye nazemnye dlya invalidov po zreniyu. Tekhnicheskie trebovaniya [Ground tactile signs for visually impaired people. Specifications]: natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii : izdanie ofitsialnoe : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 22 noyabrya 2018 g. № 1029-st : data vvedeniya 2019-07-01. Moscow: Standartinform, 2018, 24 p.



9 Konventsiya o pravakh invalidov [Convention on the rights of persons with disabilities], prinyata Rezolyutsiey Generalnoy Assamblei OON ot 13 dekabrya 2006 goda № 61/106 : ratifitsirovana Federalnym zakonom ot 03.05.2012 № 46-FZ. – URL: <http://docs2.kodeks.ru/document/902114182>.

© **А. В. Щеголева, А. А. Сальникова, 2020**

Получено: 14.12.2019 г.

УДК 711.424(470.43)

Т. В. КАРАКОВА, д-р архитектуры, проф., зав. кафедрой дизайна среды;
А. В. ЖОГОЛЕВА, канд. архитектуры, доц. кафедры градостроительства;
А. Н. ТЕРЯГОВА, канд. архитектуры, доц. кафедры градостроительства

**ОСОБЕННОСТИ УРБАНИЗАЦИИ САМАРСКОГО РЕГИОНА
СЕРЕДИНЫ XX ВЕКА В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ
ИНЖЕНЕРНО-ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244. Тел.: (846) 339-14-05;
факс: (846) 278-44-00; e-mail: annazhogoleva@yandex.ru

Ключевые слова: агломерирование урбанизированных территорий, индустриальная городская агломерация, поселки индустриального типа, инженерная инфраструктура, транспортная инфраструктура.

Рассматриваются особенности индустриализации Самарской области в период середины XX века. Исследуются политические, социально-экономические, градостроительные условия формирования двуцентричной модели урбанизации, объединения градостроительных структур, явно различающихся по характеру урбанизации, в единый индустриальный город в новых границах. Выявляются особенности развития инженерно-транспортной инфраструктуры этой модели урбанизации.

Урбанизация Самарского региона начала XX века сформировала первую стадию агломерирования урбанизированных территорий – рост крупного города Самары, столицы губернии, центра агломерации. Стремительно работал центробежный вектор развития города, направленный на поэтапное разрастание застройки на пригородных территориях (слободы, казармы, поселки, крупные промышленные предприятия, усадьбы, дачи, медицинские учреждения), формируя агломерационный пояс города. В Самаре – центре агломерации – отмечалось повышение плотности застройки, оборудование территорий современными инженерными системами водоснабжения, водоотведения, электроснабжения, повышение уровня благоустройства городской среды.

Поступательная урбанизация в перспективе развивала бы формирующуюся модель агломерационного развития Самары (улучшение качества жизни в центральном городе агломерации, развитие агломерационных поясов, рост субцентров), но политические кризисы, смена государственного строя и моделей городского управления, гражданская война, катастрофические последствия недальновидной политики государства в реформировании сельского хозяйства привели к тяжелейшему социально-экономическому положению в регионе, замедлению и регрессу урбанизации, которые продлились вплоть до середины 30-х гг. XX века.

К 1940 г. центральные кварталы г. Куйбышева (прежней Самары) располагались примерно в тех же пределах, в которых Самара находилась в 1917 году. С северо-запада и юга его границами были берега рек Волги и Самары, а с востока и юго-востока – улицы Полевая и Вокзальная (совр. Агибалова). За городской

чертой располагались поселки: поселок Железнодорожный (ранее – Мещанская слобода), поселок Солдатская слобода (территория современного Мичуринского микрорайона), поселок имени Шмидта (поселок Запанской) (рис. 1). Большие площади пригородных территорий вдоль линии железной дороги и берега р. Самары от поселка Железнодорожный на восток были освоены слабо и почти не заселены [1].



Рис. 1. План г. Куйбышева, 1934 г.

Уже в новых социально-экономических и политических условиях, опираясь на иные факторы территориального планирования, город Куйбышев в начале 40-х гг. XX в. вступил в самый интенсивный и концентрированный по времени период урбанизации, который в результате привел к формированию индустриальной городской агломерации со сверхконцентрацией населения и ресурсов в центральном городе. Задачи территориального и индустриального роста, которые были поставлены в тот период перед городом, имели общенациональный градостроительный масштаб. В 1940 году советское правительство приняло решение о строительстве в Куйбышеве группы авиационных и моторных заводов. Для этой цели было образовано Управление Особого Строительства (Особстрой). Через месяц в районе небольшой железнодорожной станции Безымянка, расположенной в 10-километровом агломерационном поясе расселения относительно г. Самары в Молотовском сельском районе (в пригороде Куйбышева), состоялась закладка нулевого цикла предприятий [2]. Годом раньше там было начато строительство важнейшего инфраструктурного объекта – Безымянской ТЭЦ. Во время Великой Отечественной войны, с июля 1941 года, в Куйбышев стали прибывать эвакуированные с оккупированных территорий промышленные предприятия: авиационный завод № 1 им. И. В. Сталина из Москвы, московский моторостроительный завод им. Фрунзе, воронежский завод № 18 им. Ворошилова, один из крупнейших авиазаводов страны. Масштаб работ по вводу промышленных объектов в эксплуатацию был колоссальным.

Удаленность промузла от города делала проживание работников оборонных предприятий в центре Куйбышева нецелесообразным. Стала очевидной необходимость создания вокруг промузла рабочего поселка на 100–150 тысяч



жителей. В 1946 году в новом промышленном районе проживало уже более 200 тысяч человек. Все население г. Куйбышева, который в годы Великой Отечественной войны имел статус запасной столицы Советского Союза, выросло с 350 до 600 тысяч человек в основном за счет эвакуированных рабочих и служащих оборонных заводов, государственных управлений и ведомств и членов их семей.



Рис. 2. Жилые поселки в районе железнодорожной станции Безымянка, 1942 г.

Вокруг промышленных предприятий вместе с заводскими корпусами вырастали массивы жилых кварталов с одноэтажными домами каркасно-засыпного и барачного типа. Здания отапливались пожароопасными временными печками, туалеты располагались на улице, в жилых помещениях размещались длинные ряды двух- или трехэтажных нар для сна рабочих (рис. 2). К 1942 г. вдоль Безымянского шоссе были также возведены жилые барачные кварталы для вольнонаемных рабочих и служащих [3].

Эвакуация оборонных предприятий осуществлялась не только в район станции Безымянка. Важное оборонное предприятие – центральный механический завод, изготавливающий корпуса самолетов Ил-2, был размещен на Семейкинском шоссе (современное Московское шоссе). Здесь в 1942 году вырос рабочий поселок, впоследствии получивший название «Мехзавод». В поселок Управленческий из Москвы эвакуировали завод № 145 им. Кирова, на базе которого впоследствии был образован секретный опытный завод № 2 [4]. Локация этих поселков вызвала необходимость экстренно в годы войны проложить линии электропередач, магистральный газопровод и связь от Безымянской ТЭЦ.

После начала войны трестам ВОВОсобстрой и Безымянлаг были поручены закладка в Сокольных горах гравийных карьеров, строительство радиостанции близ села Ново-Семейкино, нефтеперерабатывающего завода № 443 в районе железнодорожной станции Кряж, объектов Куйбышевского нефтехимкомбината на 1105-м километре Куйбышевской железной дороги. Так, интенсивно в 1940–1942 гг. был сформирован 10–30-километровый центральный пояс расселения агломерационной зоны г. Куйбышева.

В 1939 году Особстрой НКВД предполагал создание на Безымянском промышленном узле отдельного населенного пункта городского типа (предполагалось назвать его Жигулевск). Тогда два города, два полюса урбанизации, старый и новый, стали бы крупными центрами агломерации, вокруг которых формировались агломерационные пояса, подцентры и связи. Но в 1942 году было принято другое решение – новые промышленные и селитебные территории были присоединены к городским землям Куйбышева в составе весьма значительного

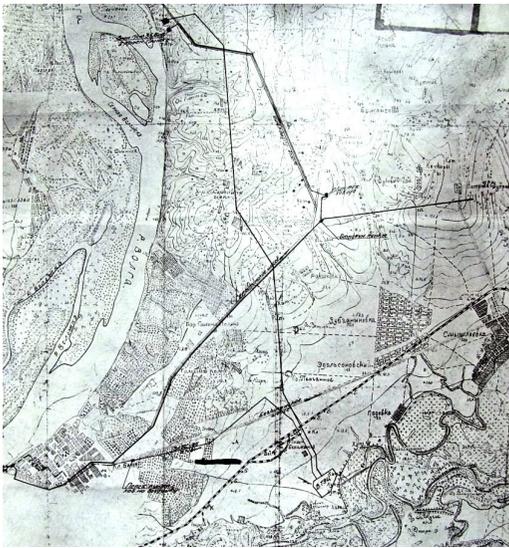


по площади городского Кировского района, а затем в составе двух городских районов – Кировского и Красноглинского. Этим решением в состав областного центра территориально вошли участки размещения заводов, жилые поселки при них, поселки Безымянка, Зубчаниновка, Красная Глинка и Управленческий, а также другие территории (застроенные, свободные, природные), которые ранее составляли агломерационный пояс дореволюционной Самары [4]. Включение в состав городских территорий неосвоенных, неблагоустроенных территорий между городом и поселками привело к значительному увеличению площади городских земель, росту численности населения, протяженности внутригородских транспортных и инженерных коммуникаций. Город в таких градостроительных условиях не мог функционировать как единое целое. Административное объединение новых территорий с городом предопределило главную проблему изолированности новых удаленных промышленных территорий от исторического города и общегородского центра. Эта изолированность была настолько явной, что некоторые жители Безымянки впервые попадали в старый город уже во взрослом возрасте, например, после окончания школы и поступления в институт.

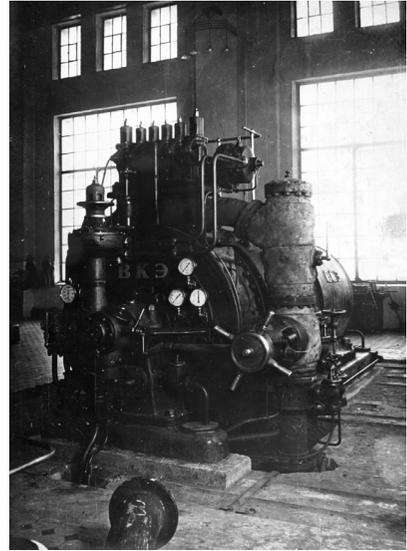
Стадия территориального разрастания города и наращивания его промышленного потенциала сопровождалась важнейшими мероприятиями по обеспечению территорий и объектов инженерной инфраструктурой.

Газификация. Газ – новый вид топлива, который в XX веке стал применяться в энергетике и городском хозяйстве. В условиях войны, тяжелой ситуации на южных фронтах в 1942 году возникла угроза лишения страны Бакинских нефтяных месторождений. Было принято стратегически важное решение о необходимости перевода Безымянской ТЭЦ и Куйбышевской ГРЭС на газовое топливо, разведанное в нашем регионе. В 1942–1943 гг. был построен и введен в эксплуатацию участок газовой магистрали протяженностью 180 км между городами Куйбышев, Похвистнево и селом Бугуруслан, где осуществлялась основная газодобыча. Эта газовая магистраль стала крупнейшей в СССР. Параллельно с этим шло строительство еще одного участка сетей к оборонным предприятиям Красноглинского района города Куйбышева. Таким образом, газификация центра агломерации началась с Безымянского промышленного узла, Кировского и Красноглинского районов.

Электроэнергетика. В развитии электроэнергетики советские власти видели главную хозяйственную задачу развития страны. В предвоенные годы самым крупным энергетическим объектом не только нашего региона, но и всей страны предполагалось сделать Волгострой – громадную гидроэлектростанцию, которая должна была встать в створе Жигулевских ворот севернее города Куйбышева. Но геологические условия сделали невозможным реализацию проекта: громадное число трещин и пустот в Жигулевских горах привели бы к утечкам воды из водохранилища в обход гидроузла, поэтому обеспечение промышленности энергией было возложено на строящуюся Безымянскую теплоэлектроцентраль. В 1941 году Безымянская ТЭЦ была введена в эксплуатацию, ее мощность составила 75 тысяч киловатт, от нее были проложены тепловые сети диаметром 500–600 мм и длиной около 10 км, по которым пар сначала подавали на предприятия, а затем – в отопительную систему жилого поселка. К 1945 году станция вырабатывала 516,7 миллиона киловатт-часов электроэнергии. В 1939 году от Безымянского промузла до Красной Глинки были проложены линии электропередач (рис. 3).



а



б

Рис. 3: а – схема прокладки электросетей в Куйбышеве и пригородах, 1937 г.; б – самарская городская электростанция, 1922 г.

Водоснабжение. В течение десятилетия после революции в условиях катастрофического голода и разрухи у Самарского горсовета с трудом находились средства на поддержание городского водопровода в работоспособном состоянии.

В 1931 году состоялось строительство новой насосно-фильтровальной станции (НФС-1) на берегу реки Волги (между 4-й и 6-й просеками), от которой волжская вода пошла по трубам нового водовода почти на 13 километров [5].

После того как на Безымянке началось строительство заводов, обеспечение бесперебойной работы новых производств водными ресурсами было совершенно необходимо. Управление Особого Строительства к 1941 году закончило строительство сооружений насосных станций 1–2 подъема, фильтровальной станции и сооружений, связанных с ними. Позже были построены: насосная станция третьего подъема, распределительные устройства, проложены три новых магистральных водовода до центральной части города, промышленных и жилых кварталов Безымянки [5].



Рис. 4. Водоподъемная станция НФС-1, 1931 г.



Водоотведение. В Постановлении Совета Народных Комиссаров СССР и ЦК ВКП (б) от 1941 года стоит задача «...обеспечить сооружение фекальной и ливневой канализаций на площадках Безымянских заводов». Также Постановление разрешает «...Наркому внутренних дел СССР в 1941 г. спуск сточных вод в реку Самарку от авиационных заводов и заводского города при наличии только механической очистки, с тем чтобы в 1942 г. была обеспечена биологическая очистка этих вод». Но в 1942 году, в разгар войны, этим планам не суждено было состояться. Отсутствие биологической очистки сточных вод на старой городской канализации и на Безымянской промышленной зоне приводило к загрязнению рек Волги и Самары вредными веществами, ухудшению санитарной обстановки. Особый отдел НКВД занимался расширением существующих городских канализационных сетей по остаточному принципу. К 1945 году общая суточная пропускная способность городских канализационных сетей выросла лишь до 5 тыс. м³/сут (для сравнения мощность сетей водоснабжения на тот момент составляла 130 тыс. м³/сут). В 1938 г. Московский институт «Госводоканалпроект» разработал схему дождевой канализации г. Куйбышева как отдельную систему канализирования ливневых стоков, но начавшаяся Великая Отечественная война также отложила реализацию проекта. К строительству дождевой канализации приступили только в 50-х годах XX века [6].

Благоустройство улиц и транспорт. До 40-х годов XX века в Куйбышеве не отмечалось широкого дорожного строительства и работ по благоустройству улиц. Когда при заводе имени Масленникова (бывший Трубочный завод) в середине 30-х годов начали возводить многоквартирные жилые дома на месте дачного поселка, улицу пришлось, как в XIX веке, мостить булыжником. Основной для города гужевой транспорт крайне медленно замещался автомобильным, на смену личным автомобилям дореволюционной Самары приходили пассажирские автобусы: в предвоенные годы работало несколько автобусных маршрутов, оборудованных 30 автобусами малой вместимости. В начале 40-х годов перед городом встала сложнейшая задача по налаживанию транспортных связей города Куйбышева с районами строящегося Безымянского промышленного узла, так как с перевозкой тысяч человек, стремившихся из старого города добраться до заводов к началу рабочей смены, железная дорога не справлялась. Автобусного сообщения на этом маршруте не было, а территориально-планировочно Куйбышев и Безымянку связывало только грунтовое Черновское шоссе. В 1943 году от улицы Полевой до 4-го района УОС (окрестности современной площади Кирова) была проложена трамвайная линия длиной 12,3 километра [7]. В 1944 году был построен первый в области электрифицированный участок железной дороги Куйбышев-Безымянка протяженностью 15 километров.

В 1940-е гг. в структуре Безымянского промышленного узла были возведены асфальтобетонные заводы. К началу 1942 года, наряду с асфальтированием Безымянского и Черновского шоссе (ныне улицы Победы и Гагарина) и Семейкинского шоссе (Московское шоссе), была завершена прокладка трассы Безымянка – Красная Глинка (ныне проспект Кирова и участки Московского и Волжского шоссе в городе Самаре). Далее твердое покрытие постепенно стало появляться и на других промышленных и жилых улицах Безымянки, причем раньше, чем в старом городе.

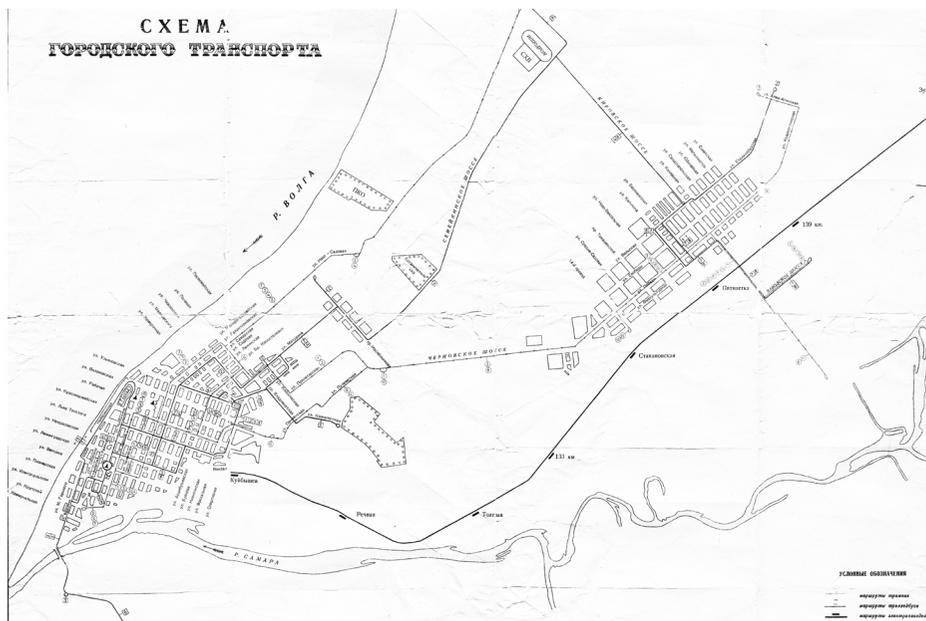


Рис. 5. Схема городского общественного транспорта г. Куйбышева, 1959 г.

Нужно отметить, что уровень благоустройства, транспортного обслуживания и инженерного оборудования территорий вне старого Куйбышева и Безьянского промышленного узла был крайне низок, территории между ними не имели канализации, благоустройства. Сотни гектаров городской земли не были оборудованы электросетями, теплосетями, водопроводом, не были застроены и освоены. Транспортная инфраструктура на этих городских территориях представляла собой транзитную связь между двумя центрами – г. Куйбышевым и промузлом.

Подводя итоги территориального и инфраструктурного развития городских и пригородных территорий, можно сделать следующие выводы:

1. Особенностью урбанизации Куйбышева середины XX века является сверхконцентрированная индустриализация города, значительное разрастание городских территорий, двуцентричная модель урбанизации, при которой есть «старый» исторически сформированный центр урбанизации и на периферийных городских территориях «новый» центр на базе промышленного комплекса с автономной системой расселения индустриального типа (рабочие поселки при предприятиях). Между этими двумя центрами располагается пояс слабоурбанизированных территорий с полусельским образом жизни, связи между ними развиты недостаточно, центры агломерирования развиваются во многом автономно. Новый центр за счет имеющихся в нем ресурсов агломерирует вокруг себя периферийные городские территории – создаются новых промышленные предприятия и поселки индустриального типа. Объединение центров агломерирования и территорий между ними в один крупный город приводит к значительному увеличению площади городских земель, численности населения, протяженности внутригородских транспортных и инженерных коммуникаций. В городские границы включаются градостроительные структуры, явно различающиеся по характеру урбанизации: исторический центр (г. Куйбышев);



неосвоенные, неблагоустроенные территории агломерационного пояса дореволюционной Самары; промышленный центр (Безьянская промзона) и природные земли Красноглинского района.

2. Отличительными особенностями этого периода урбанизации являются развитие градостроительного комплекса в тяжелейших условиях военного времени, административно-командного управления городским развитием особыми структурами органов государственной безопасности и крайне сжатые по времени сроки индустриализации.

3. Особенностью развития инженерно-транспортной инфраструктуры является примат общегосударственных интересов над местными с неукоснительными приоритетами обеспечения ресурсами промышленного производства. Заложенная в экстренном порядке во время войны инженерная инфраструктура (сети газоснабжения, электроснабжения, водоснабжения), связывающая новый промышленный центр агломерирования территорий с периферийными городскими поселками (Мехзавод, Красная Глинка и Управленческий), развивалась слабыми темпами и не способствовала активной урбанизации рассматриваемой территории. Уровень благоустройства новых районов был низким по показателям обеспеченности жилых домов канализацией, отоплением, наблюдалось отсутствие ливневой канализации, неразвитое транспортное обслуживание и дорожное строительство. Работы по созданию элементов благоустройства в этих районах начались только в начале 80-х годов XX в.

4. Активное развитие крупнейшей в Поволжье городской агломерации с городом-центром Куйбышевым в послевоенные годы поставило перед градостроителями задачи по обеспечению центробежных тенденций развития функционально-планировочной структуры города, предполагающей снять резкое противоречие между центральными и периферийными районами, обеспечить их развитой сетью транспорта и инженерного оборудования, сформировать систему центров социокультурного и бытового обслуживания и рекреации, локализовать в городе развитую структуру мест приложения труда, формирования городского образа жизни на всех городских землях. Безусловный приоритет в решении этих задач получило развитие инженерно-транспортной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самогоров, В. А. Архитектура и градостроительство Самары 1920-х – начала 1940-х годов / В. А. Самогоров, А. К. Синельник ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», Институт архитектуры и дизайна. – Самара : СГАСУ, 2010. – 478 с. : ил., карты, цв. ил. – ISBN 978-5-91899-020-9. – Текст : непосредственный.
2. Ахмедова, Е. А. Развитие архитектурно-планировочной структуры города Самары в 1920–2000 годы / Е. А. Ахмедова, Е. П. Борисова. – Текст : непосредственный // Архитектура и строительство России. – 2016. – № 4 (220). – С. 12–21.
3. Ахмедова, Е. А. Рабочие поселки советской индустриализации и их роль в развитии архитектурно-планировочной системы г. Куйбышева (Самары) / Е. А. Ахмедова, А. С. Гнилomedов. – Текст : непосредственный // Архитектура и строительство России. – 2014. – № 7. – С. 20–27.
4. Ильинский, С. А. Управленческий : история поселка Управленческий / С. А. Ильинский. – 3-е изд., доп. – Самара : Офорт, 2016. – 607 с. : ил., портр., табл., факс., цв. ил., портр., факс. – ISBN 978-5-473-01085-5. – Текст : непосредственный.



5. Егорова, Ю. А. Водоснабжение г. Самары: история создания и развития / Ю. А. Егорова, М. А. Перепелкин, М. В. Шувалов. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 8. – С. 5–11.

6. История проектирования и строительства систем водоснабжения и канализации в Самаре / М. В. Шувалов, Д. В. Астраханцев, А. А. Кирсанов, М. Н. Сопыряев. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 9-2. – С. 5–15.

7. Самогоров, В. А. Самара – Куйбышев (1920–1940) / В. А. Самогоров, А. К. Синельник, В. Пастушенко. – Екатеринбург : Tatlin, 2018. – 288 с. – ISBN 978-5-00075-177-0. – Текст : непосредственный.

KARAKOVA Tatiana Vladimirovna, doctor of architecture, professor, holder of the chair of environment design; ZHOGOLEVA Anna Vladimirovna, candidate of architecture, associate professor of the chair of urban planning; TERYAGOVA Aleksandra Nikolaevna, candidate of architecture, associate professor of the chair of urban planning

FEATURES OF URBANIZATION OF THE SAMARA REGION IN THE MIDDLE OF THE XX CENTURY IN THE CONTEXT OF DEVELOPMENT ENGINEERING AND TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Samara State Technical University

194, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443001, Russia. Tel.: +7 (846) 339-14-05;

e-mail: annazhogoleva@yandex.ru

Key words: agglomeration of urban areas, industrial urban agglomeration, industrial-type settlements, engineering infrastructure, transport infrastructure.

The article considers features of industrialization of the Samara region in the middle of the XX century. Political, socio-economical, and town-planning conditions of formation of a double-centre model of urbanization, integration of the city structures, which are quite different by the character of urbanization, in a single industrial city in new boundaries are studied. The features of the development of the engineering-transport infrastructure of this urbanization model are identified.

REFERENCES

1. Samogorov V. A., Sinelnik A. K. Arkhitektura i gradostroitelstvo Samary 1920-kh – nachala 1940-kh godov [Architecture and urban planning of Samara in the 1920s – early 1940s.]. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Gos. obrazov. uchrezhden. vysshego profess. obrazov. Samarsk. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. In-t arkhitektury i dizayna. Samara: SGASU, 2010, 478 p.: il., karty, tsv. il. ISBN 978-5-91899-020-9.

2. Akhmedova E. A., Borisova E. P. Razvitie arkhitekturno-planirovochnoy struktury goroda Samary v 1920–2000 gody [Development of architectural and planning structure of Samara in 1920–2000] Arkhitektura i stroitelstvo Rossii [Architecture and construction of Russia]. 2016. № 4 (220). P. 12–21.

3. Akhmedova E. A., Gnilomedov A. S. Rabochie posyolki sovetskoy industrializatsii i ikh rol v razviti arkhitekturno-planirovochnoy sistemy g. Kuybysheva (Samary) [Industrial settlements of Soviet industrialization and their role in the development of architectural and planning system of Kuybyshev (Samara)] Arkhitektura i stroitelstvo Rossii [Architecture and construction of Russia]. 2014. № 7. P. 20–27.

4. Ilinsky S. A. Upravlencheskiy: istoriya posyolka Upravlencheskiy [Upravlencheskiy: the history of the Upravlencheskiy settlement]. 3-e izd. dop. Samara: Ofort, 2016, 607 p.: il., portr., tabl., fax, tsv. il. ISBN 978-5-473-01085-5.



5. Egorova Yu. A., Perepyolkin A. M., Shuvalov M. V. Vodосnabzhenie g. Samary: istoriya sozdaniya i razvitiya [Water supply of the city of Samara: history and development]. Vodосnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary technique]. 2016. № 8. P. 5–11.

6. Shuvalov M. V., Astrakhantsev D. V., Kirsanov A. A., Sopyryaev M. N. Istoriya proektirovaniya i stroitelstva sistem vodосnabzheniya i kanalizatsii v Samare [The history of the design and construction of water supply and sewerage systems in Samara] Vodосnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary equipment]. 2011. № 9-2. P. 5–15.

7. Samogorov V. A., Sinelnik A. K., Pastushenko V. Samara-Kuybyshev (1920–1940). – Ekaterinburg: Tatlin, 2018. – 288 p. ISBN 978-5-00075-177-0.

© Т. В. Каракова, А. В. Жоголева, А. Н. Терягова, 2020

Получено: 24.09.2019 г.

УДК 721.011.22:628.92.001.24 (470.341-25)

Л. Н. ОРЛОВА, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектурного проектирования

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНСОЛЯЦИИ ЗАСТРОЙКИ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОСТРОЕВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37;
эл. почта: orludm.orlova@yandex.ru

Ключевые слова: расчет и нормирование инсоляции, автоматизация проектирования, проектные мероприятия, объекты-долгострой.

Рассматриваются проектные подходы к расчету инсоляции помещений объектов-долгостроев. Для решения проблемы обеспечения инсоляции застройки, в том числе долгостроев, предлагаются методы компьютерного расчета и визуализации инсоляции.

В настоящее время остро стоит проблема долгостроев. В одной только Нижегородской области проживает более 2 тысяч обманутых дольщиков и более 100 домов не достроены. Всего от действий застройщиков пострадали 6400 жителей региона [1]. Для разрешения возникшей ситуации в области запустят пилотную схему по финансированию достройки проблемных домов за счет бюджетов всех уровней [2].

Возобновление строительства таких объектов потребует переработки ранее утвержденной проектной документации на предмет внесения поправок в связи с изменением нормативов, а также текущим состоянием зданий и последующего ее согласования во всех инстанциях. При проектном изыскании частично возведенных объектов возникает ряд проблем, которые можно условно подразделить на следующие группы:

– *конструктивные*: отклонения от первоначального проекта при строительстве, частичное разрушение или повреждение каркаса здания;

– *административные*: первоначальная проектная документация ссылалась на проект планировки, который потерял актуальность / устарел, изменились владельцы смежных территорий, с которыми был заключен договор на использование публичных сервитутов и т. д.;



– *нормативные*: нормативная база, на основании которой было запроектировано здание, изменилась, и появились новые требования;

– *социально-правовые*: учет социальных запросов населения и, прежде всего, обманутых дольщиков в условиях рыночной экономики.

Обеспечение инсоляции застройки относится к области совершенствования нормативных актов и учета социально-правовых отношений. Остановимся более подробно на некоторых аспектах решения данной проблемы.

Государственная экспертиза проектной документации возложена на экспертов региональных управлений Государственной экспертизы, опирающихся в своей деятельности на Постановления Правительства РФ: от 05.03.2007 № 145 «Положение об организации и проведении государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» [3] и от 16.02.2008 № 87 «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [4]. В данном случае предмет государственной экспертизы проектной документации – оценка соответствия раздела «Охрана окружающей среды. Естественное освещение и инсоляция» требованиям технических регламентов, в том числе санитарно-эпидемиологическим и экологическим требованиям в части инсоляции согласно ч. 5 ст. 49 Градостроительного кодекса РФ [5].

К уполномоченным органам контроля за качеством проектной документации относится в частности Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор), который выдает экспертное заключение – документ, содержащий обоснованное заключение о соответствии (несоответствии) предмета санитарно-эпидемиологической экспертизы государственным правилам и нормативам.

Как показывает практика, большинство инвестиционных проектов демонстрируют свою уязвимость с точки зрения соблюдения нормативов. Перечень замечаний, регулярно выдаваемых экспертами, говорит о необходимости нормативного закрепления унифицированных инженерных методов расчета, обязательных для применения в проектной и экспертной практике.

Для получения положительного заключения государственной экспертизы необходимо, чтобы во всех нормируемых помещениях соблюдалась норма инсоляции. При изменении нормативов для их соблюдения в некоторых случаях этого можно достичь, выполнив перепланировку жилых помещений или поменяв тип использования помещения. Более проблемной становится ситуация, когда помещение уже принадлежит конкретному собственнику, не согласному с предложениями проектировщиков (застройщика).

Согласно п. п. 2.4 и 2.5, вступившим в силу с 10 апреля 2017 года, изменениям к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий» (с изменениями на 10 апреля 2017 года) [6], нормативная продолжительность инсоляции устанавливается на определенные календарные периоды с учетом географической широты местности и должна составлять для г. Н. Новгорода (56°19'37" с. ш.) – центральная зона (58°– 48° с. ш.) – с 22 апреля по 22 августа (до введения «изменений» было с 22 марта по 22 сентября). Нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции для помещений жилых и общественных зданий устанавливается дифференцированно в зависимости от типа квартир, функционального назначения помещений, планировочных зон города, географической широты и составляет: для центральной зоны (58° с. ш. – 48° с. ш.) – не менее 2 ч в день с 22 апреля по 22 августа [6]. Аналогичные требования содержатся и в

К СТАТЬЕ Л. Н. ОРЛОВОЙ
«НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНСОЛЯЦИИ ЗАСТРОЙКИ
ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОСТРОЕВ»

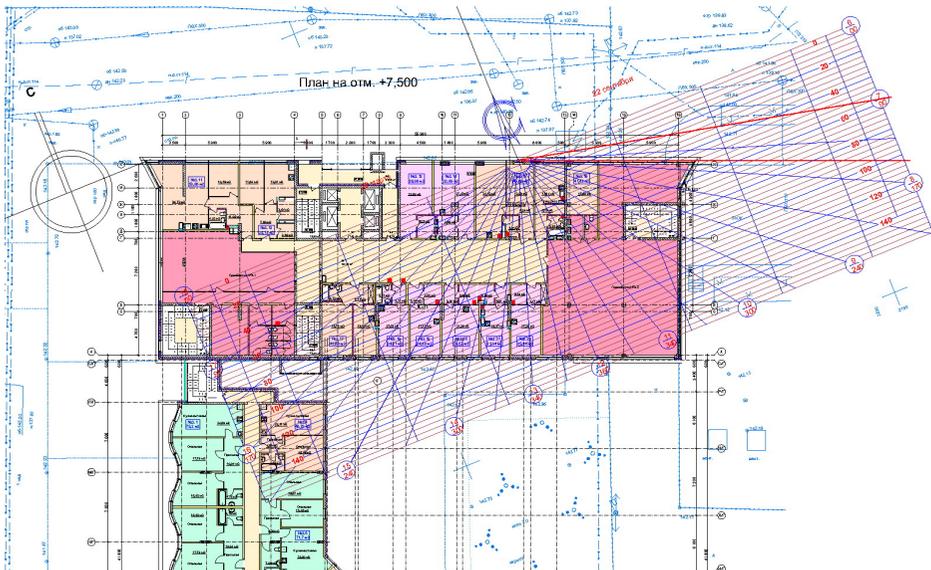


Рис. 1. Расчет инсоляции помещения объекта в г. Н. Новгороде ($56^{\circ}19'37''$ с. ш.) до введения изменений в нормативы [6] с помощью инсографика для 55° с. ш. на 22 марта (22 сентября) ($T_{\text{н}} = 7$ ч 00 мин; $T_{\text{к}} = 7$ ч 45 мин; $T_{\text{инс}} = 45$ мин)

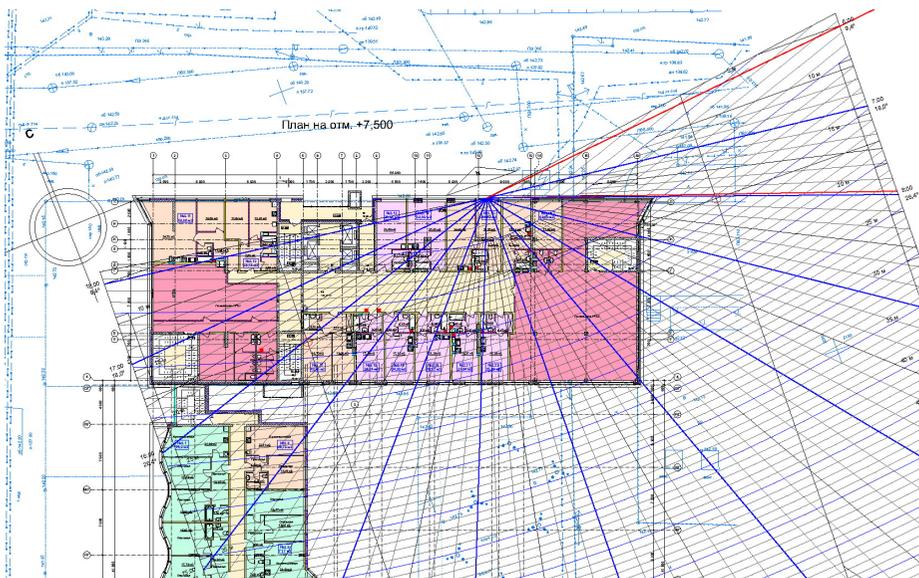
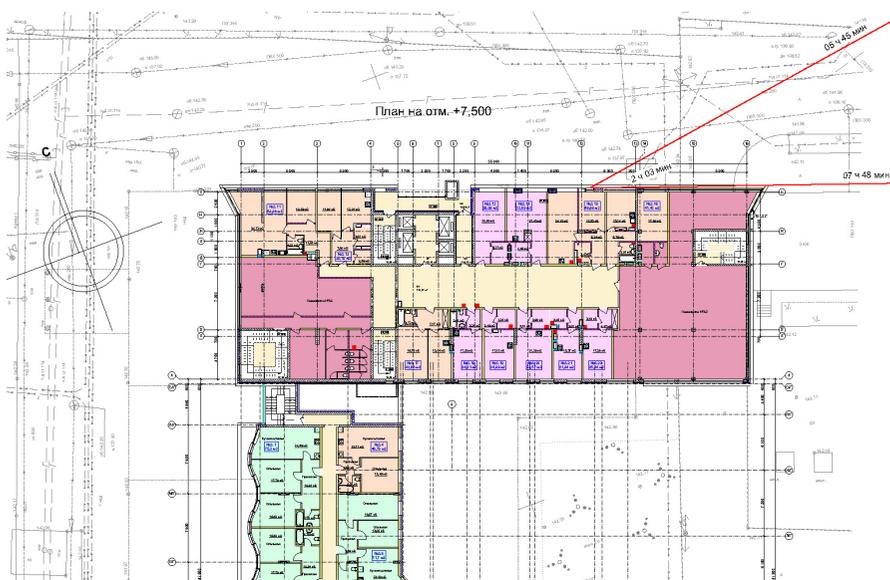


Рис. 2. Расчет инсоляции помещения объекта в г. Н. Новгороде ($56^{\circ}19'37''$ с. ш.) по действующим нормативам [6] с помощью инсографика для 55° с. ш. ($T_{\text{н}} = 6$ ч 00 мин; $T_{\text{к}} = 7$ ч 59 мин; $T_{\text{инс}} = 1$ ч 59 мин)



3. Расчет инсоляции с помощью программы «Ситис.Солярис» (маркер помещения #18)
 ($T_n = 5 \text{ ч } 45 \text{ мин}$; $T_k = 7 \text{ ч } 48 \text{ мин}$; $T_{\text{инс}} = 2 \text{ ч } 03 \text{ мин}$)

Отчет программы «Ситис. Солярис»

Нулевой уровень расчетной сцены – отметка 0,00

Объекты:

| Наименование | Отметка | Высота |
|--------------|---------|--------|
| Дом1 | 79,70 | 79,70 |
| Дом2 | 26,70 | 26,70 |
| Дом3 | 11,00 | 11,00 |
| Дом4 | 64,00 | 64,00 |

Расчетные окна:

| Точ | Отм | Выс | В | Н | D | T | Th | L | Вl | R | Вr |
|-----|------|------|------|------|---|---|----|---|----|---|----|
| #11 | 5,30 | 5,30 | 1,60 | 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #12 | 5,30 | 5,30 | 1,60 | 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #13 | 5,30 | 5,30 | 1,60 | 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #14 | 5,30 | 5,30 | 1,60 | 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #15 | 5,30 | 5,30 | 1,60 | 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #16 | 5,30 | 5,30 | 1,60 | 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #17 | 5,30 | 5,30 | 1,60 | 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #18 | 5,30 | 5,30 | 1,60 | 2,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Результаты расчета инсоляции для расчетных окон:

| Точ | Инд | Нач | Кон | Непр | Вып | Прер | Вып |
|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-------|--------|
| #11 | 1 | 08:14 | 13:02 | 04:48 | Вып | 04:48 | Вып |
| #12 | 1 | 08:14 | 13:30 | 05:16 | Вып | 05:16 | Вып |
| #13 | 1 | 08:14 | 13:25 | 05:11 | Вып | 05:11 | Вып |
| #14 | 1 | 08:14 | 13:19 | 05:05 | Вып | 05:05 | Вып |
| #15 | 1 | 08:14 | 13:10 | 04:56 | Вып | 04:56 | Вып |
| #16 | 1 | 08:14 | 13:05 | 04:51 | Вып | 04:51 | Вып |
| #17 | 1 | 05:45 | 07:48 | 02:03 | Вып | 02:03 | Не вып |
| #18 | 1 | 05:45 | 07:48 | 02:03 | Вып | 02:03 | Не вып |

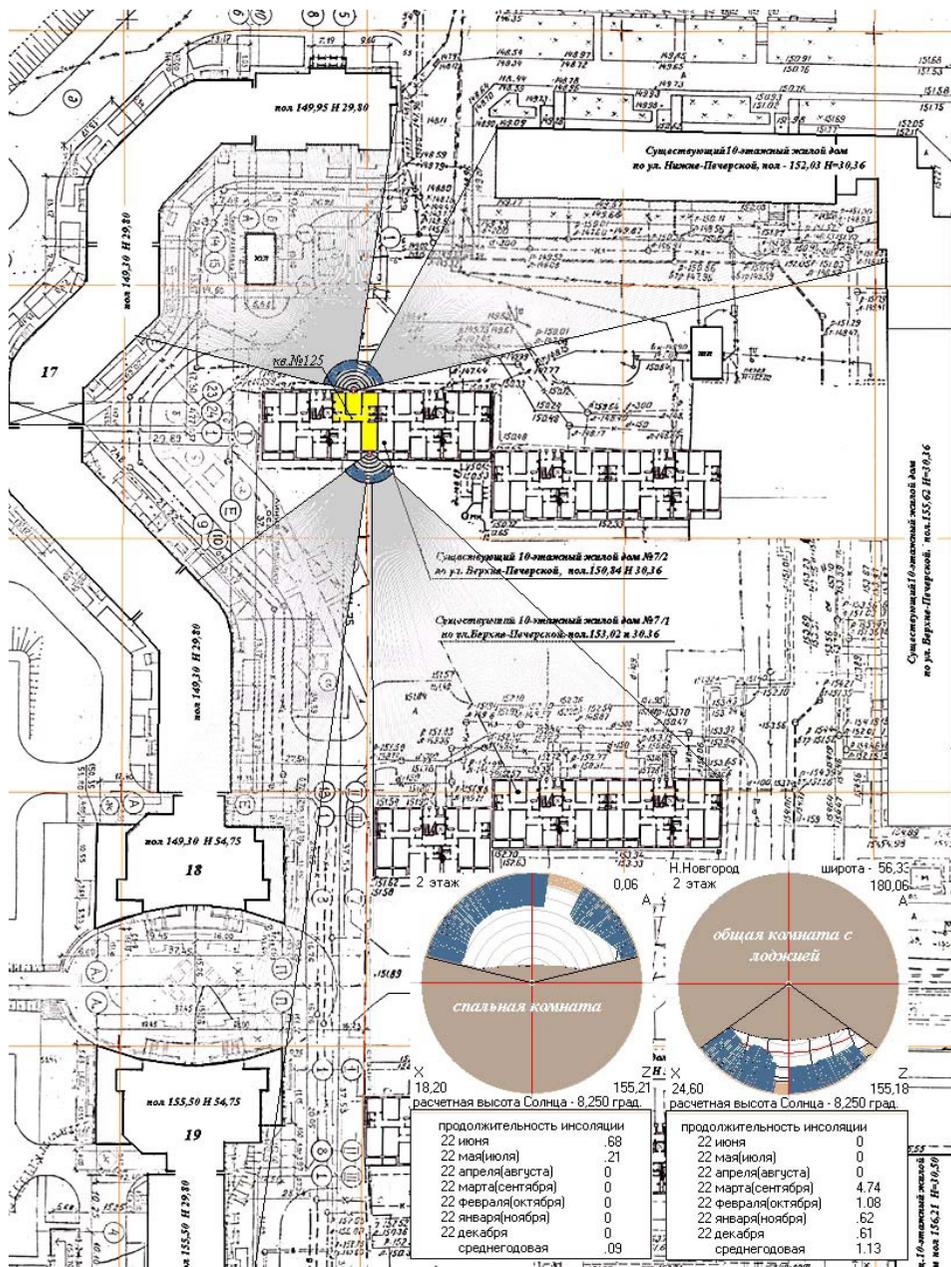


Рис. 4. Годовой режим инсоляции жилых комнат квартиры № 125 после возведения домов № 17, 18 и 19 в микрорайоне VIII «Верхние Печеры»

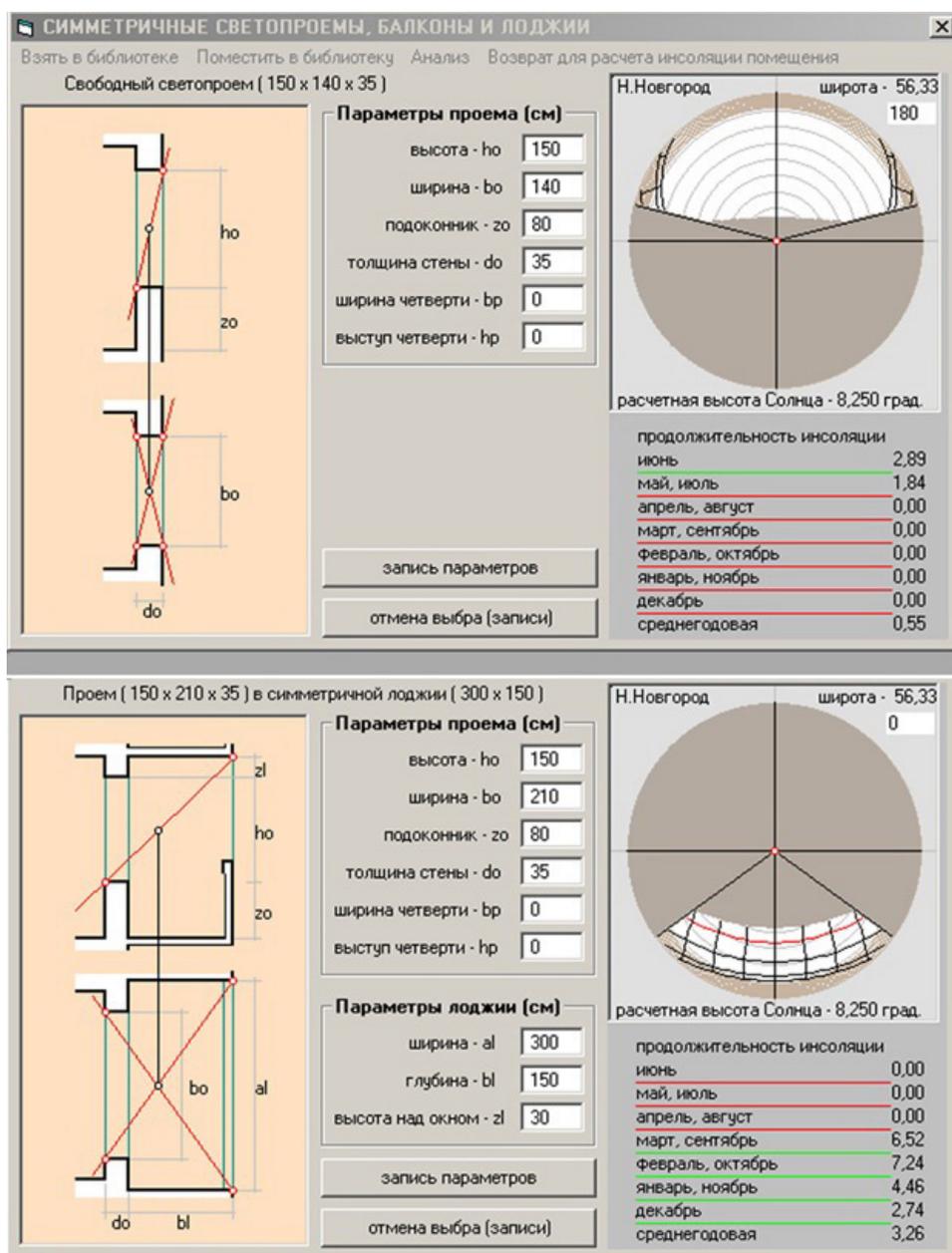


Рис. 5. Расчетные схемы и углы ограничения инсоляции светопроемов в общей (вверху) и большой жилой комнате квартиры № 125



градостроительной нормативной документации [7].

Объект-долгострой (рис. 1, 2 цв. вклейки) частично возведен, его строительство приостановлено из-за несоответствия нормативным требованиям, в частности наличия ряда неинсолируемых квартир. В связи с изменением нормативов Служба государственного строительного надзора и экспертизы потребовала пересчитать инсоляцию на соответствие действующим нормам [6, 7]. Поскольку здание частично возведено, то исключена возможность изменить его расположение, повернуть и т. п. Одним из вариантов может стать применение расчетных методик, адекватно описывающих процесс инсоляции проблемных помещений.

Расчеты продолжительности инсоляции согласно п. 7.4 [6] следует выполнять графоаналитическим методом с использованием инсографиков для географических широт с интервалом 5° : 35° , $40 \dots 55^\circ \dots 75^\circ$ с. ш. Каждый из этих графиков рекомендуется применять для расчета инсоляции в пределах зоны $\pm 2,5^\circ$, что, естественно, уменьшает количество применяемых в проектной и экспертной практике инсографиков, но вместе с тем снижает точность расчетов. При этом согласно п. 7.7 погрешность в расчетах по инсографику может составлять до 10 мин [8]. При невозможности повлиять на градостроительную ситуацию, такая погрешность с использованием инсографика некорректной широтной принадлежности недопустима, поскольку в случае заниженной, но близкой к нормативной $T_{инс}$, может привести к отнесению помещения к разряду помещений с недостаточной инсоляцией. Расчет инсоляции в соответствии с [6–8] для конкретного объекта, расположенного в г. Н. Новгороде ($56^\circ 19' 37''$ с. ш.), с использованием инсографиков для 55° с. ш. приведен на рис. 1 цв. вклейки (до) и рис. 2 цв. вклейки (после) введения «изменений» в [6].

Как видно на графике рис. 1 цв. вклейки, продолжительность инсоляции указанного помещения составляла $T_{инс} = 45$ мин, что не соответствовало нормативным требованиям $T_{инс} = 2$ ч. После внесения «изменений» в [6], согласно рис. 2 цв. вклейки, продолжительность инсоляции составит $T_{инс} = 1$ ч 59 мин (близка к нормативной). Однако в расчетах по инсограммам не учитываются углы ограничения светопроемов, что вносит погрешность в расчет, известную контролирующим органам, которые вследствие этого могут признать помещение недостаточно инсолируемым.

Альтернативным вариантом становится применение компьютерных технологий. Для сравнения с графоаналитическим методом использована размещенная в свободном доступе программа «Ситис.Солярис» [9]. Программа позволяет задавать параметры широты с точностью до 1 с. Согласно п. 13.2.1.1 руководства пользователя [10], расчет продолжительности инсоляции для каждого периода выполняется с погрешностью не более 1 с. Программа учитывает углы ограничения светопроемов, позволяет исключить из расчетов точно 1 ч на восходе и заходе Солнца, что в конечном итоге несколько уменьшает $T_{инс}$ по сравнению с графоаналитическим методом, снижая погрешность в вычислениях (рис. 3 цв. вклейки). Расчеты сведены в таблицу «Отчет программы Ситис. Солярис», включая высоту здания и затеняющих объектов, параметры расчетных окон (рассматриваемое окно – маркер #18) и расчетные значения инсоляции. Сравнение $T_{инс} = 1$ ч 59 мин по инсографику и $T_{инс} = 2$ ч 03 мин, рассчитанного компьютерной программой, указало на возможность отнесения данного помещения к достаточно инсолируемым.

Как показано на вышеуказанных изображениях, расчет инсоляции для сложных объектов с помощью компьютерных технологий более предпочтителен,



так как лишен вышеуказанных погрешностей графоаналитического метода. Однако практика пользования выявила ряд недостатков программы «Ситис. Солярис», в частности, невозможность подгружать топографический план (съемку) непосредственно в графический редактор программы, что влияет на точность расчетов. При этом весьма существенным недостатком является отсутствие визуализации расчетов с помощью солнечной карты и инструментов, позволяющих проектировщику внести в застройку любые коррективы, устраняющие нарушение норм.

Отмеченных выше недостатков программы «Ситис.Солярис» лишен инсоляционный модуль компьютерной программы, разработанной учеными ННГАСУ [11] (нелицензионный продукт). Программа имеет численный, графический и комбинированный ввод исходной информации путем курсорной фиксации объектов генплана застройки по электронной геодезической основе и численного ввода их вертикальных параметров (рис. 4, 5 цв. вклейки). Для расчета продолжительности инсоляции помещений и территорий используется метод центрального проецирования из расчетной точки на небесную сферу солнечных параллелей (траекторий видимого движения Солнца) на 22-е число всех месяцев года (солнечная карта) и затеняющих эту точку зданий и их конструктивных элементов: оконных откосов, балконов, лоджий и т. п. (экран-фигура). Это позволяет рассчитывать, наглядно визуализировать и анимировать полный годовой режим инсоляции помещений и территорий в повторяющихся годовых циклах. На экране видеомонитора перемещение расчетной точки по плану застройки сопровождается синхронным изменением в круглом графическом окне перспективной панорамы застройки на фоне небосвода с солнечными путями, анимирующим реальное движение находящегося в расчетной точке наблюдателя. На экран выводятся также графики и значения продолжительности инсоляции для 12 месяцев и в среднем за год. Расчетные значения ниже нормируемого минимума сигнализируются изменением цвета расчетной точки. При остановке счета на плане визуируются экранирующие расчетную точку объекты, и проектировщик с помощью имеющихся в программе инструментов может внести в застройку любые коррективы, устраняющие нарушение норм. Рис. 4–5 цв. вклейки наглядно иллюстрируют неограниченные возможности современных компьютерных технологий расчета и проектирования зданий в городской застройке.

Поэтому абсурдным является практически повсеместное требование государственной экспертизы в отношении авторского права на программные продукты, которыми пользуются проектировщики при осуществлении расчетов – наличие статуса лицензионного продукта, а также предоставления сертификата и договора на право использования лицензионного продукта, вопреки п. 982 Постановления правительства РФ [12]: «...сети, системы и комплексы вычислительные цифровые исключены из перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации». В условиях современной России разработчики программ и проектировщики зачастую не могут позволить себе такую расточительность как лицензионный продукт. Заметим, что разработчики широко используемой в расчетах единственной лицензионной программы «Ситис. Солярис» на сегодня лицензию не продлили. Эти бюрократические обстоятельства лишают проектировщиков возможности использования компьютерных технологий на этапе цифровизации экономики.

Результаты расчетов, выявившие нарушение нормативов, могут служить основанием для следующих действий застройщика: либо признания квартиры



непригодной для постоянного проживания с последующим выкупом и перепрофилированием, либо переоценки ее стоимости. В случае несогласия физических лиц заявителям потребуется за счет собственных средств доказывать нарушение своих прав и законных интересов, поскольку действующее законодательство не содержит понятия «предполагаемый ущерб».

Социально-правовые аспекты – учет социальных запросов населения в условиях рыночной экономики, подробно рассмотрены в [13, 14]. Данные социологических опросов обнаруживают сильную дифференциацию потребительских оценок световой среды жилищ, что указывает на необходимость ликвидации уравнительного подхода к нормированию световой среды и введению нормативного категорирования жилищ по критериям реального спроса на квартиры с теми или иными условиями инсоляции и естественного освещения. По этим критериям возможно использовать квартиры с недостаточной, но близкой к нормативной инсоляции, например, для кратковременного проживания взрослого населения (приезжих и студентов, арендующих помещения и т. д.), квартиры-студии (гостиничное заселение), на которые действующее жилищное законодательство не распространяется.

Несмотря на повсеместную компьютеризацию архитектурного проектирования, методы компьютерного расчета и визуализации инсоляции не нашли широкого применения в проектной и экспертной практике. Назрела настоятельная необходимость в создании автоматизированной системы светотехнического расчета и моделирования, пригодной для функционирования в любых пакетах компьютерных программ архитектурно-строительного проектирования и операционных системах. Эталонные программные комплексы должны приобретаться в государственную собственность для последующего бесплатного применения в вузовской подготовке санврачей и архитекторов, в проектировании, экспертизе, согласовании и утверждении проектной документации. Светотехническая паспортизация существующего и вновь возводимого жилья, определяющая его рыночную стоимость на основе достоверных методик оценки соответствия светотехнических качеств застройки научно обоснованным нормам естественного освещения и инсоляции жилищ, позволит более оперативно решать возникающие проблемы, в том числе долгостроев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Топ-7 крупнейших долгостроев Нижнего Новгорода. – URL: <https://newsnn.ru/cards/25-03-2019/top-7-krupneyshih-dolgostroev-nizhnego-novgoroda> (дата обращения: 17.01.2020). – Текст : электронный.
2. В Нижегородской области запустят пилотную схему по достройке проблемных домов. – URL: https://www.nn.ru/news/more/v_nizhegorodskoy_oblasti_zapustyat_pilotnuyu_skhemu_po_dostroyke_problemykh_domov/66003034/ (дата обращения: 17.01.2020). – Текст : электронный.
3. Российская Федерация. Правительство. Положение об организации и проведении государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий : постановление Правительства Российской Федерации от 05 марта 2007 года № 145. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66669/. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.
4. Российская Федерация. Правительство. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию : постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 № 87. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_



LAW_75048/. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

5. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации : ГК РФ : Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2004 года № 190-ФЗ : [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года : одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года] : [редакция от 02 августа 2019 года] : [с изменениями и дополнениями на 13 августа 2019 года]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий : утвержден и введен Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации от 19 октября 2001 года : дата введения 01 февраля 2002 года. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901800205>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

7. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр : актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* : дата введения 01 июля 2017 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054209>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

8. ГОСТ Р 57795-2017. Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 октября 2017 г. № 1451-ст : дата введения 2018-02-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200157352>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

9. СИТИС-2019. – URL:<http://www.sitis.ru> (дата обращения: 17.01.2020). – Текст : электронный.

10. СИТИС : Солярис-Эксперт : руководство пользователя. – URL: <http://sitis.ru/files/c214b7fb2f40cc16e6406029a3ef8306> (дата обращения: 17.01.2020). – Текст : электронный.

11. Бахарев, Д. В. О нормировании и расчете инсоляции / Д. В. Бахарев, Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 2006. – № 1. – С. 9–12.

12. Российская Федерация. Правительство. О внесении изменений в Постановление правительства Российской Федерации от 01 декабря 2009 : постановление Правительства Российской Федерации от 4.03.13 № 182. – URL: <http://www.consultant.ru.cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=143012&fld=134&dstm=100000001,0&rnd=0.6195915585909539#04080348260188633/>. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

13. Бахарев, Д. В. О необходимости приведения нормативного правового акта инсоляции жилищ в соответствие с объективными законами природы / Д. В. Бахарев, Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Великие реки-2005 : международный научно-промышленный форум, 17-20 мая 2005 г. : тезисы докладов международного конгресса / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2005. – Том 1. – С. 79–80.

14. Орлова, Л. Н. Проблемы и перспективы оптимизации световой среды городов / Л. Н. Орлова – Текст : непосредственный // Градостроительство и архитектура / Самарский государственный технический университет. – Самара, 2017. – Т. 7. – № 4. – С. 122–126.

ORLOVA Lyudmila Nikolaevna, doctor of technical sciences, professor of the chair of architectural design

SOME ASPECTS OF BUILDING INSOLATION IN SOLVING THE PROBLEM OF LONG-TERM CONSTRUCTION



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-37;

e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

Key words: calculation and regulation of insolation, design automation, project activities, long-term construction objects.

The article considers design approaches to the calculation of insolation of long-term construction buildings. To ensure the building insolation, including long-term construction objects, methods of computer calculation and insolation visualization are suggested.

REFERENCES

1. Top-7 krupneyshikh dolgostroev Nizhnego Novgoroda [Top-7 of the largest long-term construction objects of Nizhny Novgorod]. – URL: <https://newsnn.ru/cards/25-03-2019/top-7-krupneyshih-dolgostroev-nizhnego-novgoroda> (data obrascheniya: 17.01.2020).

2. V Nizhegorodskoy oblasti zapustyat pilotnuyu skhemu po dstroyke problemnykh domov [A pilot scheme on finishing problematic buildings will be implemented in the Nizhny Novgorod region]. – URL: https://www.nn.ru/news/more/v_nizhegorodskoy_oblasti_zapustyat_pilotnuyu_skhemu_po_dstroyke_problemnykh_domov/66003034/ (data obrascheniya: 17.01.2020).

3. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. Polozhenie ob organizatsii i provedenii gosudarstvennoy ekspertizy proektnoy dokumentatsii i rezultatov inzhenernykh izyskaniy [Russian Federation. Government. Provision on organization and implementation of the State expertise of design documentation and results of engineering survey]. Postanovlenie Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 05.03.2007 goda № 145. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66669/. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

4. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. Polozhenie o sostave razdelov proektnoy dokumentatsii i trebovaniyakh k ikh soderzhaniyu [Russian Federation. Government. Provision on the content of design documentation and requirements thereto]. Postanovlenie Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 16.02.2008 № 87. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

5. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Gradostroitelny kodeks Rossiyskoy Federatsii [Russian Federation. Laws. Town-planning Code of the Russian Federation]. GK RF : Federalny zakon Rossiyskoy Federatsii ot 29 dekabrya 2004 goda № 190-FZ : [prinyat Gosudarstvennoy Dumoy 22 dekabrya 2004 goda : odobren Sovetom Federatsii 24 dekabrya 2004 goda] : [redaktsiya ot 02 avgusta 2019 goda] : [s izmeneniyami i dopolneniyami na 13 avgusta 2019 goda]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/. Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

6 SanPiN 2.2.1/2.1.1.1076-01 Gigienicheskie trebovaniya k insolyatsii i solntzesaschite pomescheniy zhilykh i obschestvennykh zdaniy i territoriy [Hygienic requirements to insolation and sun-shading of rooms of houses and public buildings and territories]: utverzhdyon i vvedyon Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossiyskoy Federatsii ot 19 oktyabrya 2001 goda : data vvedeniya 01 fevralya 2002 goda. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901800205>. Rezhim dostupa: Tekhekspert.

7. SP 42.13330.2016. Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i selskikh poseleniy [Town-planning. Planning and development of urban and rural settlements] : utverzhdyon prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 2016 g. № 1034/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.07.01-89* : data vvedeniya 01 iyulya 2017 g. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054209>. Rezhim dostupa: Tekhekspert.

8. GOST R 57795-2017. Zdaniya i sooruzheniya. Metody rashyota prodolzhitelnosti insolyatsii [Buildings and constructions. Methods of calculation of insolation duration] : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 19 oktyabrya 2017 g. № 1451-st : data vvedeniya 2018-02-01.



URL: [http:// docs.cntd.ru/document/1200157352](http://docs.cntd.ru/document/1200157352). Rezhim dostupa: Tekhekspert.

9. SITIS-2019. – URL: <http://www.sitis.ru> (data obrascheniya: 17.01.2020).

10. SITIS: Solyaris-Ekspert. Rukovodstvo polzovatelya. – URL: <http://sitis.ru/files/c214b7fb2f40cc16e6406029a3ef8306> (data obrascheniya: 17.01.2020).

11. Bakharev D. V., Orlova L. N. O normirovanii i raschyote insolyatsii [On regulation and calculation of insolation] // Svetotekhnika [Light & Engineering]. 2006. № 1. P. 9–12.

12. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. O vnesenii izmeneniy v Postanovlenie pravitelstva RF ot 1 dekabrya 2009 [Russian Federation. Government. About amending the Provision of the Government of the Russian Federation of December 1, 2009] : postanovlenie Pravitelstva RF ot 4.03.13 № 182. URL: [http:// www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req= doc&base= LAW&n = 143012&fld =134&dst = 1000000001,0 &rnd=0.6195915585909539#04080348260188633](http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=143012&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.6195915585909539#04080348260188633). Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

13. Bakharev D. V., Orlova L. N. O neobkhodimosti privedeniya normativnogo pravovogo akta insolyatsii zhilisch v sootvetstvie s obektivnymi zakonami prirody [About need of bringing the normative legal act of insolation of dwellings in compliance with objective laws of the nature] // Velikie reki-2005 : mezhdunarodny nauchno-promyshlenny forum, 17-20 maya 2005 g. : tezisy dokladov mezhdunarodnogo kongressa [Great Rivers-2005, International scientific and industrial forum, May 17-20, 2005. Proceedings of the International congress] / Nizhegorod. gos. arkhitekt.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2005. Vol. 1. P. 79–80.

14. Orlova L. N. Problemy i perspektivy optimizatsii svetovoy sredy gorodov [Problems and prospects of optimization of the light environment of cities] // Gradostroitelstvo i arkhitektura [Urban planning and architecture] / Samara: Samarskiy gos. tekhn. un-t. 2017. Vol. 7. № 4. P. 122–126.

© **Л. Н. Орлова, 2020**

Получено: 27.12.2019 г.

УДК 624.074.2

А. С. КОБИСЬ, магистрант кафедры строительных конструкций

ОЦЕНКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КУПОЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96;
эл. почта: anna.kobis.97@mail.ru

Ключевые слова: купольные конструкции, железобетонный купол, железобетонные пространственные конструкции, пространственные оболочки, безмоментная теория, метод предельного равновесия, метод конечных элементов.

Целью статьи является выявление оптимального метода расчета пространственных железобетонных купольных конструкций по напряженно-деформированному состоянию. Рассмотрены основные методы расчета: с применением безмоментной теории, метод предельного равновесия и метод конечных элементов. Оценка производилась в соответствии с универсальностью расчета, обеспечением сходимости с действительной работой конструкции и возможностью применения в программно-вычислительных комплексах.

В современных реалиях развитие строительства предполагает применение только наиболее технологичных, эффективных и надежных конструкций. Так, пространственные конструкции разнообразной формы используются как для улучшения архитектурной выразительности сооружения, так и для повышения эффективности строительного производства.

Одними из самых выгодных конструктивных форм являются купольные конструкции: материал в них работает в основном на сжатие, растяжение наблюдается в опорном кольце, а действие изгибающих моментов по сравнению с ними незначительно. Но, несмотря на возможные упрощения, которые можно ввести в соответствии с этими фактами, расчет купольных пространственных конструкций все еще является трудоемкой задачей.

При проектировании строительных конструкций ценность метода расчета определяется тремя основными факторами:

- 1) универсальность расчета, которая позволяет учитывать геометрию и конструктивные особенности, такие как криволинейная форма, переменная толщина оболочки, вид опорных закреплений, наличие ребер и отверстий;
- 2) сходимость расчета, т. е. соответствие его результатов реальной работе конструкции;
- 3) использование расчета в программных комплексах.

Расчет купольных пространственных конструкций может быть произведен по следующим методикам:

- метод расчета по безмоментной теории;
- метод предельного равновесия;
- метод конечных элементов.

В методе расчета по безмоментной теории купольная оболочка представляется как тонкостенная мембрана, в которой возникают только сжимающие напряжения. Это отвечает действительности в отношении большей части купола, изгибающие моменты возникают только вблизи опорного кольца [1]. Таким обра-

зом, задача расчета состоит в определении меридиональных и кольцевых усилий и краевого эффекта в приопорной зоне.

Кривизна купола произвольной формы в каждой точке характеризуется радиусами кривизны: R_1 – радиус кривизны срединной поверхности оболочки в направлении меридиана; R_2 – то же, в направлении, нормальном к меридиану [2]. В общем случае в стенке купольной конструкции действуют нормальные усилия – меридиональное N_1 и, кольцевое N_2 и поперечное усилие S , отнесенные к единице длины сечения элемента, отсеченного от купола конической поверхностью (рис. 1).

При действии на купольную оболочку осесимметричной вертикальной нагрузки отпадает кручение: $S = 0$. Нормальные силы N_1 и N_2 определяются из условий равновесия статики отсеченного сегмента как функции от угла раствора φ [3].

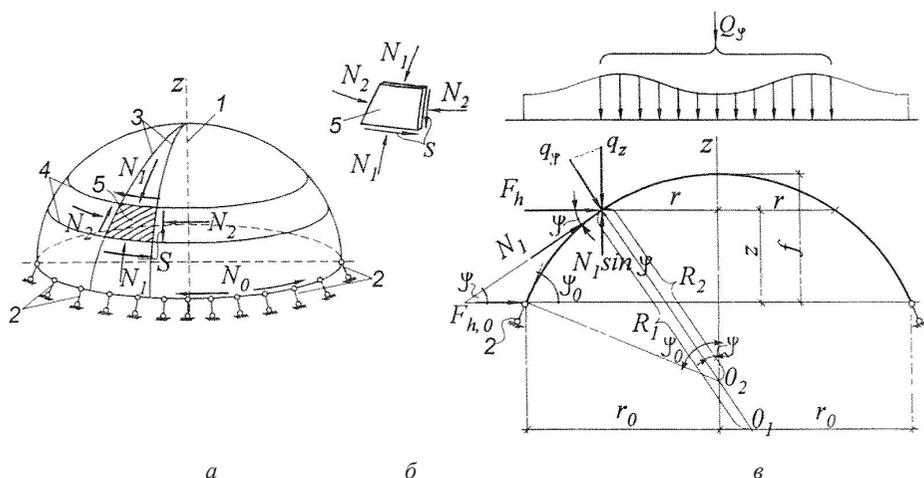


Рис. 1. Схема купольной оболочки: *a* – общая схема; *б* – действующие на отсеченный элемент стенки внутренние силы; *в* – участок купола, отсеченный горизонтальной плоскостью; 1 – ось вращения купола; 2 – шарнирно-подвижные (тангенциальные) опоры; 3 – меридиональное сечение; 4 – кольцевое сечение; 5 – отсеченный единичный элемент 1×1 м

Напряженное состояние единичного элемента купольной конструкции определяется уравнением равновесия:

$$N_1/R_1 + N_2/R_2 = q_\varphi, \quad (1)$$

где q_φ – нормальная к поверхности купола составляющая внешней нагрузки q (на 1 м^2 поверхности купола).

Нахождение меридионального усилия N_1 осуществляется из уравнения равновесия отсеченного нижнего фрагмента купола, на который действует сжимающая сила Q_φ . Эта сила характеризует все нагрузки, приложенные выше рассматриваемого сечения, взамен отброшенной части. По условию $\sum Z = 0$, сила Q_φ уравнивается меридиональным усилием N_1 , действующим по периметру кольцевого сечения, радиусом r :

$$Q_\varphi - N_1 \sin \varphi \cdot 2\pi r = 0, \quad (2)$$

где φ – угловая координата рассматриваемого сечения; $r = R_2 \sin \varphi$.

Из чего следует:

$$N_1 = Q_\varphi / (2\pi r \sin \varphi) = Q_\varphi / (2\pi R_2 \sin 2\varphi). \quad (3)$$



Кольцевое усилие N_2 определяется из приведенного выше уравнения равновесия (1):

$$N_2 = R_2 (q_\varphi - N_1/R_1). \quad (4)$$

Меридиональные силы N_1 всегда действуют на сжатие и не зависят от угловой координаты. Кольцевые силы N_2 в отличие от первых под действием вертикальной нагрузки в большей части купола являются сжимающими, а в приопорной зоне растянутыми. Сечение, в котором усилия N_2 имеют переходное – нулевое значение, называют нейтральным кольцевым сечением, или швом перехода. Соответствующая данному сечению угловая координата определяется формой купола и типом нагрузки и вычисляется из условия равенства $N_2 = 0$ в формуле (4).

Распор купола представляется в поперечных сечениях как горизонтальная проекция меридиональной силы N_1 :

$$F_h = N_1 \cos\varphi = (Q_\varphi/2\pi r) \cos\varphi. \quad (5)$$

Распор купольной оболочки в опорном кольце ($\varphi = \varphi_0$) определяется:

$$F_{h,0} = N_{1,0} \cos\varphi_0 = (Q_{\varphi,0}/2\pi r_0) \cos\varphi_0, \quad (6)$$

где $N_{1,0}$ – меридиональная сила; φ_0 – половина центрального угла раствора купола вдоль меридиана; $Q_{\varphi,0}$ – нагрузка, приложенная к куполу; r_0 – радиус опорного кольца.

Действие распора F_h осуществляется в радиальном направлении. Растягивающее усилие в опорном кольце вычисляется по формуле:

$$N_0 = F_{h,0} r_0 = N_{1,0} \cos\varphi_0 r_0 = (Q_{\varphi,0}/2\pi) \cos\varphi_0. \quad (7)$$

Сжимающее усилие в верхней части купола определяется аналогично в соответствии с угловой координатой φ .

Силы краевого эффекта определяются в зависимости от жесткости материала, типа опирания покрытия на опорное кольцо и коэффициента затухания k , который отражает ширину распространения эффекта [1]. Для гладких сферических куполов коэффициент определяется по формуле:

$$k = \sqrt{r_c/t} \sqrt[4]{3(1-v^2)}, \quad (8)$$

где r_c – радиус кривизны (для сферы $r_1 = r_2 = r_c$; t – толщина оболочки; v – коэффициент Пуассона).

Расчеты частных случаев сферических куполов на нагрузки от собственного веса g и снеговую нагрузку S представлены в [4–6].

При расчете на горизонтальные и несимметричные нагрузки к действию нормальных усилий N_1 и N_2 добавляются касательные S . Данный расчет проводится по отдельной специальной методике [3].

В [7] приводится расчет купола по безмоментной теории и результаты экспериментального исследования работы куполов в стадии разрушения. Из приведенных расчетов видно, что результаты расчета, выполненного в предположении работы конструкции в упругой стадии по безмоментной теории, в несколько раз расходятся с результатами экспериментальных исследований.

Еще одним распространенным способом расчета купольных конструкций, который рекомендуется СП [8], является метод предельного равновесия, который основан на определении предельного момента, когда конструкция находится в состоянии равновесия. В отличие от метода безмоментной теории данный метод учитывает неупругие пластические свойства материалов и характер разрушения конструкции (рис. 2), что дает возможность снизить расход материалов [7].

Расчет по методу предельного равновесия остается единым как для толсто-стенных куполов, так и для тонкостенных конструкций (при условии обеспече-

ния их от потери устойчивости и хрупкого разрушения), чего нельзя сказать о расчете в предположении работы конструкции в упругой стадии.

Расчет куполов по методу предельного равновесия не может быть применен в случае хрупкого разрушения конструкции от раздробления сжатой зоны бетона или от разрушения по косому сечению под действием поперечной силы. Границы применимости метода предельного равновесия могут быть ориентировочно определены на основании установленных для них зависимостей и выполненных экспериментальных исследований.

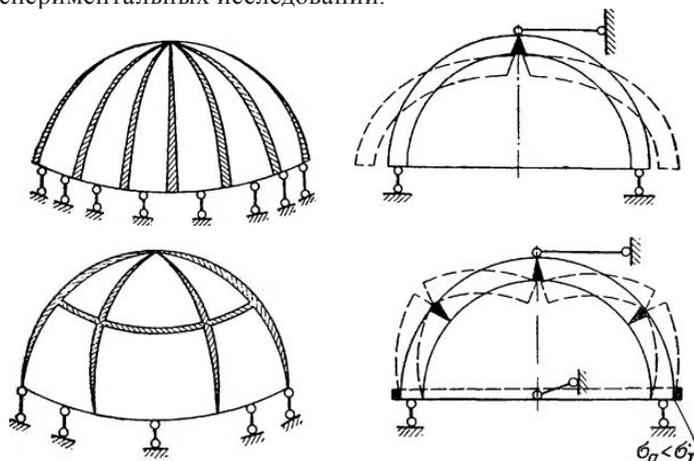


Рис. 2. Меридиональная и меридионально-кольцевая схемы разрушения конструкции

Расчет всех испытанных куполов по методу предельного равновесия дал результаты, расходящиеся с данными, полученными из эксперимента, всего лишь на 9–17 % [7].

Метод предельного равновесия по сравнению с безмоментной теорией позволяет наиболее точно оценить напряженно-деформированное состояние конструкции.

На методе конечных элементов основаны многие вычислительные алгоритмы, которые позволяют фиксировать изменение состояния конструкции под действием различных нагрузок. Развитие численных методов позволило более точно решать сложные задачи расчета пространственных оболочек.

Сам метод конечных элементов основан на использовании схем (рис. 3), к которым применимы принципы расчетов строительной механики стержневых систем.

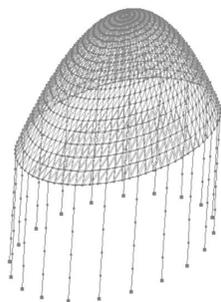


Рис. 3. Расчетная конечно-элементная модель железобетонного купола



Сначала пространственная оболочка делится на множество конечных элементов, которые связываются между собой в созданных на границах элементов узловых точках. В соответствии с классическим методом перемещений за главные неизвестные в задаче принимаются обобщенные перемещения данных точек.

Далее для определения деформаций и усилий в элементах вводятся функции обобщенных перемещений, которые учитывают их распределение внутри каждого элемента через перемещение узлов.

В процессе расчета происходит автоматическое построение матриц жесткости для уравнивания распределенных нагрузок и усилий на границах элементов через обобщенные перемещения.

После объединения локальных матриц жесткости в единую матрицу расчет состоит в решении системы линейных уравнений с неизвестными узловыми перемещениями, которые совместно с функциями перемещений отдельных элементов будут характеризовать напряженно-деформированное состояние конструкции.

По сравнению с рассмотренными аналитическими методами расчета метод конечных элементов позволяет полностью автоматизировать расчет. За счет этого становится возможным применение метода перемещений для расчета оболочек, рассматриваемых как множество двух- или трехмерных конечных элементов. В настоящее время данный метод лежит в основе таких программно-вычислительных комплексов как *SCAD*, ЛИРА, МОНОМАХ.

Современные возможности программных комплексов позволяют моделировать различные расчетные схемы пространственных оболочек, а быстрота выполнения автоматических расчетов дает возможность выявить среди них оптимальную схему по напряженно-деформированному состоянию конструкции.

Таким образом, по итогам проведенного исследования наиболее оптимальным способом расчета пространственных железобетонных купольных конструкций является метод конечных элементов, используемый в программно-вычислительных комплексах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леденев, В. В. Примеры расчета пространственных железобетонных конструкций покрытия. Часть 1 : учебное пособие / В. В. Леденев, А. В. Худяков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 78 с. : ил. – ISBN 978-5-8265-0914-2. – Текст : непосредственный.

2. Железобетонные купольные покрытия : методические указания для дипломного проектирования / составитель А. Г. Кельнер. – Омск : СибАДИ, 2009. – 33 с. – Текст : непосредственный.

3. Лебедева, Н. В. Фермы, арки, тонкостенные пространственные конструкции : учебное пособие по направлению «Архитектура» / Н. В. Лебедева. – Москва : Архитектура-С, 2006. – 118 с. : ил. – (Специальность «Архитектура»). – ISBN 5-9647-0084-5. – Текст : непосредственный.

4. Инженерные конструкции / В. В. Ермолов, В. Н. Голосов, Н. В. Лебедева, Г. П. Макаров, В. Г. Никифоров, В. К. Файбишенко, А. Л. Шубин, Н. Н. Ячменева. – Москва : Высшая школа, 1991. – 407 с. – (Специальность «Архитектура»). – ISBN 5-06-001040-6. – Текст : непосредственный.

5. Байков, В. Н. Железобетонные конструкции. Общий курс : учебное пособие / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1991. –



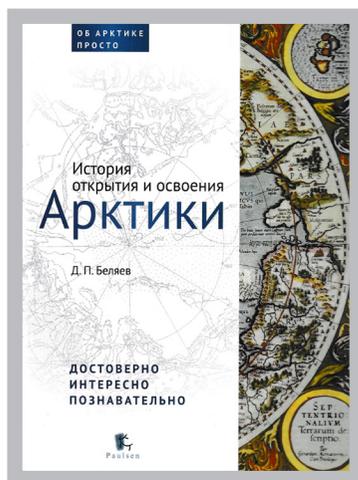
728 с. – ISBN 5-274-01528-X. – Текст : непосредственный.

6. Лебедева, Н. В. Железобетонные купола : учебное пособие / Н. В. Лебедева ; Московский архитектурный институт. – Москва : МАРХИ, 1989. – 91 с. – Текст : непосредственный.

7. Овечкин, А. М. Расчет железобетонных осесимметричных конструкций (оболочек) / А. М. Овечкин. – Москва : Госстройиздат, 1961. – 259 с : ил. – Текст : непосредственный.

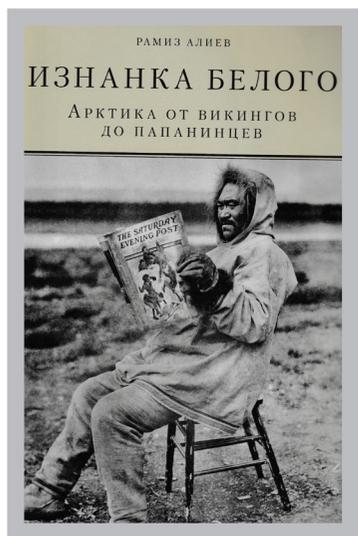
8. СП 52-117-2008*. Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Часть 1. Методы расчета и конструирования : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом ФГУП "НИЦ «Строительство» от 1 августа 2008 г. N 189 : дата введения 2008-08-15. – Москва, 2010. – 151 с. – Текст : непосредственный.

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



Беляев, Д. П. История открытия и освоения Арктики / Д. П. Беляев. – Москва : Паулсен, 2019. – 280 с.
ISBN 978-98797-220-5

Арктика – территория, ставшая приоритетной для экономического и геополитического развития России. Всем, кто больше хочет узнать о регионе будущего, предназначена новая научно-популярная серия «Об Арктике просто». Первая книга из этой серии – «История открытия и освоения Арктики» – охватывает период от самых ранних упоминаний северных земель и до наших дней. Издание рассчитано как на читателей, которые только открывают для себя данную тему, так и на тех, чья профессия связана с популяризацией арктической истории.



Алиев, Р. Изнанка белого. Арктика от викингов до папанинцев / Москва : Паулсен, 2019. – 408 с. : ил. 102
ISBN 978-98797-195-6

Что влечет людей в Арктику? Как можно стремиться туда, где царят холод и безмолвие? Отвечая на эти вопросы, автор – ученый и полярник Рамиз Алиев – рассказывает о том, чем была Арктика для человечества в разные эпохи. Для многих она стала местом подвигов во имя науки, кто-то ставил спортивные рекорды, соревнуясь за право первым достичь полюса или проложить новый путь. Некоторые, помимо своего на то желая, стали участниками политических и идеологических спектаклей. Многие же и вовсе попали за Полярный круг по чужой воле в качестве заключенных.

Обладая обширными знаниями в данной теме, автор рисует перед читателем объемную картину освоения Арктики, не боясь представить собственный, иногда парадоксальный взгляд на историю и место личности в этой истории.

Впервые на книжный рынок выходит работа, настолько серьезно и глубоко анализирующая взаимоотношения Арктики и человека, причем делающая это в популярной и захватывающей форме.



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 государственных 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 государственных 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.



ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА
на II полугодие 2020 г.
НА ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
«ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

Основан в 2006 году

Периодичность – ежеквартально

Журнал рассчитан на профессорско-преподавательский состав, аспирантов, а также студентов старших курсов вузов, работников научно-исследовательских и проектных институтов, инженерно-технический персонал организаций и предприятий.

Журнал имеет разделы:

- Строительные конструкции, здания и сооружения (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.

Каталожная цена за 6 месяцев – 1000 руб.
Цена отдельного номера – 500 руб.

Подписной индекс по каталогу Агентства «Роспечать» –
«Газеты. Журналы»: 80382

Адрес редакции: Россия, 603950, г. Нижний Новгород,
ул. Ильинская, д. 65.
Тел./факс: (831) 433-04-36, 430-19-46

