

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

ВЕСТНИК

ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

TOM 24

№ 3 2022
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с апреля 1999 г.

[illegible]

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ляхович Л.С., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, зав. кафедрой строительной механики ТГАСУ; гл. редактор; lls@tsuab.ru; г. Томск
Акимов П.А., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, главный ученый секретарь РААСН; pavel.akinov@gmail.com; г. Москва
Белостоцкий А.М., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, ген. директор научно-исследовательского центра СтаДиО; amb@stadyo.ru; г. Москва
Бондаренко И.А., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, директор НИИТИАГ, филиал ЦНИИП Минстроя России; niitag@yandex.ru; г. Москва
Власов В.А., докт. физ.-мат. наук, профессор, ректор ТГАСУ; rector@tsuab.ru; г. Томск
Волокитин Г.Г., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной механики и материаловедения ТГАСУ; vvgg-tomsk@mail.ru; г. Томск
Гныря А.И., докт. техн. наук, профессор, советник РААСН, зав. кафедрой технологии строительного производства ТГАСУ; tsp_tgasu@mail.ru; г. Томск
Деттярев В.В., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой гидротехнического строительства, безопасности и экологии НГАСУ (Сибстрин); ngasu_gts@mail.ru; г. Новосибирск
Дзюбо В.В., докт. техн. наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения ТГАСУ; dzv1956@mail.ru; г. Томск
Ефименко В.Н., докт. техн. наук, зав. кафедрой автомобильных дорог ТГАСУ; svefimenko_80@mail.ru; г. Томск
Ефименко С.В., докт. техн. наук, декан дорожно-строительного факультета ТГАСУ; svefimenko_80@mail.ru; г. Томск
Есаулов Г.В., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, проректор по научной работе МАРХИ; gvesaulov@raasn.ru; г. Москва
Жерардо М.Ч., докт. наук, профессор инженерного факультета Международного дистанционного университета UNINETTUNO; g.cennamo@uninettunouniversity.net; г. Рим, Италия
Ильичев В.А., докт. техн. наук, профессор, вице-президент РААСН, академик РААСН; ilyichev@raasn.ru; г. Москва
Инжутов И.С., докт. техн. наук, профессор, директор инженерно-строительного института СФУ; iinzhutov@sfu-kras.ru; г. Красноярск
Кнайя Б.М., докт. техн. наук, профессор факультета проектирования зданий, сооружений и геотехники Политехнического университета Турина; bernardino.chiaia@polito.it; г. Турин, Италия
Ковлер К.Л., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных материалов и технологий Технион – Израильский технологический институт; cvrkost@technion.ac.il; г. Хайфа, Израиль
Копаница Н.О., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ; kopanitsa@mail.ru; г. Томск
Кудяков А.И., докт. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий ТГАСУ, советник РААСН; kudyakov@tsuab.ru; г. Томск
Кумпьяк О.Г., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой железобетонных конструкций ТГАСУ, советник РААСН; kumpyak@yandex.ru; г. Томск
Лежава И.Г., докт. архитектуры, профессор, академик РААСН, вице-президент РААСН, профессор МАРХИ; lezhavailia@gmail.com; г. Москва
Морозов В.И., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, зав. кафедрой строительных конструкций СПбГАСУ; morozov@spbgasu.ru; г. Санкт-Петербург
Овсянников С.Н., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой архитектуры гражданских и промышленных зданий ТГАСУ; ovssn@tsuab.ru; г. Томск
Плачиди Л.Л., докт. наук, доцент инженерного факультета Международного дистанционного университета UNINETTUNO; luca.placidi@uninettunouniversity.net; г. Рим, Италия
Поляков Е.Н., докт. искусствоведения, канд. архитектуры, профессор кафедры теории и истории архитектуры ТГАСУ, член Союза архитекторов России; polyakov-en@ya.ru; г. Томск
Пустоветов Г.И., докт. архитектуры, профессор, чл.-корр. РААСН, советник ректората НГУАДИ; pustovetovgi@gmail.com; г. Новосибирск
Сколубович Ю.Л., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН, ректор НГАСУ (Сибстрин); sjl1964@mail.ru; г. Новосибирск
Травуш В.И., докт. техн. наук, профессор, академик РААСН, вице-президент РААСН; travush@mail.ru; г. Москва
Цветков Н.А., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой теплогоснабжения ТГАСУ; nac@tsuab.ru; г. Томск
Чернышов Е.М., докт. техн. наук, председатель президиума Центрального отделения РААСН, академик РААСН; chem@vgasu.vrn.ru; г. Воронеж
Шубин И.Л., докт. техн. наук, чл.-корр. РААСН, директор НИИСФ РААСН; niisf@niisf.ru; г. Москва
Яненко А.П., докт. техн. наук, профессор кафедры гидротехнического строительства, безопасности и экологии НГАСУ (Сибстрин); ngasu_gts@mail.ru; г. Новосибирск

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

Журнал «Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета» (подписной индекс 20424) включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по строительству и архитектуре, утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Решение Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 17.06.2011 г.

Электронные версии журнала «Вестник ТГАСУ» представлены на сайтах «Научная электронная библиотека»: www.elibrary.ru; «Российская книжная палата»: <https://online.bookchamber.ru/book/ru/>; «Российская государственная библиотека»: <https://www.rsl.ru/>; «Томская областная универсальная научная библиотека имени А.С. Пушкина»: <https://www.lib.tomsk.ru>; «EBSCO»: <https://www.ebsco.com>; «КиберЛенинка»: <https://cyberleninka.ru>; «IPRbooks»: www.iprbookshop.ru, а также на сайте «Вестник ТГАСУ»: <https://vestnik.tsuab.ru>

Научное издание

ВЕСТНИК ТГАСУ № 3 – 2022

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)

ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций ПИ №77-9483 от 30 июля 2001 г.

Журнал перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-81849 от 24 сентября 2021 г.

Учредитель: ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»

Редакторы Т.С. Володина, Г.Г. Семухина. Переводчик М.В. Воробьева. Дизайн Е.И. Кардаш. Технический редактор Н.В. Удлер.
Подписано в печать 23.06.2022. Формат 70×108/16. Гарнитура Таймс. Дата выхода: 28.06.2022.
Уч.-изд. л. 14,0. Усл. печ. л. 16,63. Тираж 200 экз. Цена: свободная.
Зак. № 65.

Адрес редакции/издателя: 634003, Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822) 65-37-61, e-mail: vestnik_tgasu@tsuab.ru
Отпечатано в ООП ТГАСУ, Томск, ул. Партизанская, 15

16+

© Томский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2022

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

VESTNIK
TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO
ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA

JOURNAL

OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Volume 24

№ 3 2022
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Published since April 1999

[illegible]

EDITORIAL STAFF

Lyakhovich L.S., DSc, Professor, RAACS Academician, Chief Editor, Head of Structural Mechanics Dept., TSUAB; lls@tsuab.ru, Tomsk, Russia
Akimov P.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Chief Academic Secretary; pavel.akimov@gmail.com, Moscow, Russia
Belostotskii A.M., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Director General Research Center StaDiO; amb@stadyo.ru, Moscow, Russia
Bondarenko I.A., DSc, Professor, RAACS Academician, Director Scientific Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning, Branch of the Central Institute for Research and Design of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation; niitag@yandex.ru, Moscow, Russia
Chernyshov E.M., DSc, Professor, RAACS Academician, Chairman of the Presidium of RAACS Central Regional Branch; chem@vgasu.vrn.ru, Voronezh, Russia
Chiaia B., PhD, Professor, Politecnico di Torino (Polytechnic University of Turin); bernardino.chiaia@polito.it, Turin, Italy
Degtyarev V.V., DSc, Professor, Head of Hydraulic Engineering, Safety and Ecology Dept., Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; ngasu_gts@mail.ru, Novosibirsk, Russia
Dzyubo V.V., DSc, Professor, Department of Water Supply and Sewage Systems, TSUAB; dzv1956@mail.ru, Tomsk, Russia
Efimenko V. N., DSc, Professor, Dean of Road Engineering and Construction Faculty, Head of Automobile Roads Dept., TSUAB; svefimenko_80@mail.ru, Tomsk, Russia
Efimenko S.V., DSc, Dean of Road Engineering and Construction Faculty, TSUAB; svefimenko_80@mail.ru, Tomsk, Russia
Esaulov G.V., DSc, Professor, RAACS Academician, Vice-Rector for Research of Moscow Architectural Institute (State Academy); esaulovgv@raasn.ru, Moscow, Russia
Girardot M.C., DSc, Professor, Engineering Dept., International Telematic University UNINETTUNO; g.cennamo@uninettunouniversity.net, Roma, Italy
Gnyrya A.I., DSc, Professor, RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB; tsp_tgasu@mail.ru, Tomsk, Russia
Il'ichev V.A., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Vice President; ilyichev@raasn.ru, Moscow, Russia
Inzhutov I.S., DSc, Professor, Director School of Engineering and Construction, SibFU; iinzhutov@sfu-kras.ru, Krasnoyarsk, Russia
Kopanitsa N.O., DSc, Professor, Building Materials and Technologies Dept., TSUAB; kopanitsa@mail.ru, Tomsk, Russia
Kovler K., A/Professor, Civil and Environmental Engineering, Head of Building Materials, Performance & Technology Dept., Technion Israel Institute of Technology; cvrkost@technion.ac.il, Haifa, Israel
Kudryakov A.I., DSc, Professor; RAACS Adviser, Head of Construction Engineering Technology Dept., TSUAB (Tomsk, Russia); kudryakov@tsuab.ru
Kumpyak O.G., DSc, Professor; RAACS Adviser, Head of Reinforced Concrete and Masonry Structures Dept., TSUAB; kumpyak@yandex.ru, Moscow, Russia
Lezhava I.G., DSc, Professor, RAACS Academician, RAACS Vice President, Moscow Architectural Institute (State Academy); lezhavailia@gmail.com, Moscow, Russia
Morozov V.I., DSc, Professor, RAACS Corresponding Member, Head of Engineering Constructions Dept., SPSUACE; morozov@spbgasu.ru, St-Petersburg, Russia
Ovsyannikov S.N., DSc, Professor, Head of Architecture of Civil and Industrial Buildings Dept., TSUAB; ovsn@tsuab.ru, Tomsk, Russia
Plachidi L.L., DSc, A/Professor, Engineering Dept., International Telematic University UNINETTUNO; luca.placidi@uninettunouniversity.net, Roma, Italy
Polyakov E.N., DArts, Professor; Member of the Union of Architects of Russia; Theory and History of Architecture Dept., TSUAB; polyakov-en@ya.ru, Tomsk, Russia
Pustovetov G.I., DSc, Professor, RAACS Correspondent Member, Adviser Novosibirsk State University of Architecture, Design and Fine Arts; pustovetovgi@gmail.com, Novosibirsk, Russia
Skolubovich Yu.L., DSc, Professor, RAACS Correspondent Member, Rector Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; sjl1964@mail.ru, Novosibirsk, Russia
Shubin I.L., DSc, RAACS Corresponding Member, Director Structural Physics Research Institute, RAACS; niisf@niisf.ru, Moscow, Russia
Tsvetkov N.A., DSc, Professor, Head of Heat and Gas Supply Dept., TSUAB; nac@tsuab.ru, Tomsk, Russia
Travush V.I., DSc, Professor, RAACS Vice President, RAACS Academician; travush@mail.ru, Moscow, Russia
Vlasov V.A., DSc, Professor, Rector, TSUAB; rector@tsuab.ru, Tomsk, Russia
Volokitin G.G., DSc, Professor, Head of Applied Mechanics and Materials Science Dept., TSUAB; vgg-tomsk@mail.ru, Tomsk, Russia
Yanenko A.P., DSc, Professor, Hydraulic Engineering, Safety and Ecology Dept., Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; ngasu_gts@mail.ru, Novosibirsk, Russia

INFORMATION FOR AUTHORS AND READERS

Journal «Journal of Construction and Architecture» is included in the list of the peer reviewed scientific journals and editions published in the Russian Federation. The main results of PhD and DSc theses obtained in construction and architectural field studies should be published in this journal. The journal was approved by the decision of the Supreme Attestation Commission of the Ministry of Science and Higher Education.

Decision of the Supreme Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia,
17 June, 2011

The electronic version of the journal is available at www.elibrary.ru; <https://online.bookchamber.ru/book/ru/>; <https://www.rsl.ru/>; <https://www.lib.tomsk.ru>; <https://www.ebsco.com>; <https://cyberleninka.ru>; www.iprbookshop.ru; <https://vestnik.tsuab.ru>

Scientific Edition

VESTNIK TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO ARKHITEKTURNO-STROITEL'NOGO UNIVERSITETA
JOURNAL OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE № 3 – 2022
Print ISSN 1607-1859 Online ISSN 2310-0044

The journal is registered by the Federal Agency on Press and Mass Communications of the Russian Federation PI N77-9483, 30 July, 2001.
The journal is re-registered by the Federal Supervision Service for Communication, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor)
PI N FS77-81849, September 24, 2021.

Founder: Tomsk State University of Architecture and Building

Editors T.S. Volodina, G.G. Semukhina. Translator M.V. Vorob'eva. Design: E.I. Kardash. Technical editor N.V. Udler
Passed for printing: 23.06.2022. Paper size: 70×108/16. Typeface: Times New Roman Issue date: 28.06.2022.
Published sheets: 14.0. Conventional printed sheets: 16.63. Print run: 200 copies Price: free.
Order N 65.

Editorial address: 2, Solyanaya Sq., Tomsk, 634003
Phone: +7 (3822) 653-761; E-mail: vestnik_tgasu@tsuab.ru
TSUAB Printing House, 15, Partizanskaya Str., Tomsk, 634003



© Tomsk State University
of Architecture and Building, 2022

С О Д Е Р Ж А Н И Е

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Иванова Ю.А., Ситникова Е.В. Промышленные комплексы купца Д.И. Смолина в исторической застройке города Кургана (ТИУ, г. Тюмень, ТГАСУ, г. Томск)	9
Варанкина А.А., Федоров А.Н., Романова Л.С. Деревянные православные храмы юга Тюменской области второй половины XVIII – начала XX века (ТГАСУ, г. Томск).....	20
Свечкарёв Е.С., Моргунов Н.А. Эволюция функционально-планировочной структуры досуговых учреждений клубного типа (ААИ ЮФУ, г. Ростов-на-Дону).....	34
Бочкарева А.Р., Лихачев Е.Н. Архитектура медиаобъектов в контексте развития информационных технологий (НГУАДИ, г. Новосибирск).....	49
Ламехова Н.В. Эстетический аспект развития архитектурного пространства для творческой деятельности детей в современной школе (УрГАХУ, г. Екатеринбург).....	63
Мжельский В.М. Протоконструктивизм в архитектуре Новосибирска 1917–1927 годов (НГАСУ, г. Новосибирск)	78
Духанина Е.С. Историография архитектуры дворцов культуры и клубных зданий Сибири (на примере Новосибирска, Томска, Омска) (НГУАДИ, г. Новосибирск)	92

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Хижняков В.И., Негодин А.В., Бакшанский Р.Ю. О влиянии краевого эффекта узла сопряжения стенки резервуара с днищем на эксплуатационную надежность РВС-20000 (ТГАСУ, г. Томск).....	99
---	----

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Енджиевская И.Г., Демина А.В., Галкин М.А. Применение субмикронных добавок на основе отходов промышленности в цементные растворы (СФУ, г. Красноярск).....	114
Енджиевская И.Г., Демина А.В., Енджиевский А.С., Дубровская С.Д. Оценка взаимодействия добавок в бетоне (СФУ, г. Красноярск).....	128
Шеховцов В.В., Скрипникова Н.К., Улмасов А.Б. Синтез алюмомагнезиевой керамики $MgAl_2O_3$ в среде термической плазмы (ТГАСУ, г. Томск).....	138

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Немова Т.Н., Колесникова А.В., Ерменова М. Влияние снежных отложений на тепловую эффективность трубчатых вакуумированных коллекторов (ТГАСУ, г. Томск)	147
---	-----

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ,
СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Гладкова А.С., Минаев Н.Н. Геоэкологическая характеристика поймы реки Томи и надпойменной террасы для целей строительства (НИ ТГУ, г. Томск).....	158
Продоус О.А., Малышева А.А., Абросимова И.А., Челоненко А.Г. Особенности гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с внутренними отложениями (ООО «ИНКО-эксперт», г. Санкт-Петербург, НИ МГСУ, г. Москва).....	173

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Подшивалов И.И. Анализ результатов моделирования напряженного состояния колонн и связей экспериментального здания от прогрессирующего обрушения (ТГАСУ, г. Томск)	180
--	-----

C O N T E N T S

ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Ivanova Yu.A., Sitnikova E.V. Industrial complexes of merchant D.I. Smolin in the historical development of Kurgan (Tomsk).....	9
Varankina A.A., Fedorov A.N., Romanova L.S. Wooden orthodox churches of Southern Tyumen region in the 18–19th centuries (Tyumen, Tomsk).....	20
Svechkar' E.S., Morgun N.A. Evolution of functional and planning structure of club-type leisure institutions (Rostov-on-Don)	34
Bochkareva A.R., Likhachev E.N. Architecture of media objects in terms of the IT development (Novosibirsk).....	49
Lamekhova N.V. Aesthetic aspect of architectural space development for creative activity of children in a modern school (Ekaterinburg)	63
Mzhelskii V.M. Proto-constructivism in Novosibirsk architecture in 1917–1927 (Novosibirsk).....	78
Dukhanina E.S. Architecture of palaces of culture and club buildings in Siberia (Novosibirsk, Tomsk, Omsk) (Novosibirsk)	92

BUILDING AND CONSTRUCTION

Khizhnyakov V.I., Negodin A.V., Bakshanskii R.Yu. Edge effect of the tank wall-bottom joint on service reliability of vertical steel tank (Tomsk)	99
--	----

CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS

Endzhievskaya I.G., Demina A.V., Galkin M.A. Industrial waste-based submicron additives in cement mortars (Krasnoyarsk).....	114
Endzhievskaya I.G., Demina A.V., Endzhievskii A.S., Dubrovskaya S.D. Evaluation of additive interaction in concrete (Krasnoyarsk)	128
Shekhovtsov V.V., Skripnikova N.K., Ulmasov A.B. Synthesis of aluminum-magnesian ceramics $MgAl_2O_3$ in thermal plasma environment (Tomsk)	138

HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING (HVAC), LIGHTING SYSTEMS AND GAS NETWORKS

Krivoshein Yu.O., Tsvetkov N.A., Nemova T.N., Kolesnikova A.V., Ermenova M. The influence of snow deposits on thermal efficiency of vacuum tube collectors (Tomsk)	147
---	-----

WATER SUPPLY, SEWERAGE,
BUILDING SYSTEMS OF WATER RESOURCE PROTECTION

Gladkova A.S., Minaev N.N. Geo-ecological characterization of the Tom flood-plain and terrace above it for construction purposes (Tomsk)	158
Prodous O.A., Malysheva A.A., Abrosimova I.A., Chelonenko A.G. Hydraulic analysis of gravity flow water distribution with internal deposits (St.-Petersburg, Moscow).....	173

BASES, FOUNDATIONS AND SUBSTRUCTURES

Podshivalov I.I. Progressive collapse analysis of experimental building skeleton based on stress-strain state of columns and joints (Tomsk)	180
---	-----

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 72.03

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-9-19

Ю.А. ИВАНОВА, Е.В. СИТНИКОВА,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КУПЦА Д.И. СМОЛИНА В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДА КУРГАНА

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена проблемами сохранения исторического промышленного наследия. В процессе перехода общества от индустриального к постиндустриальному развитию часть предприятий утратили свою первоначальную функцию и нуждаются в сохранении и актуальном использовании. Исторические промышленные предприятия в г. Кургане – не исключение.

Цель исследования – выявление и изучение сохранившихся объектов промышленной архитектуры г. Кургана, построенных купцом Д.И. Смолиным во второй половине XIX – начале XX в.

Научная новизна исследования заключается в собранном и систематизированном материале по архитектуре промышленных комплексов в г. Кургане, принадлежащих купцу Д.И. Смолину, в проведении научного анализа этих объектов по архитектурно-художественным и объемно-пространственным характеристикам, их сохранности и современному функциональному использованию.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов исследования при изучении истории архитектуры сибирских городов.

В результате исследования были выявлены сохранившиеся объекты купца Д.И. Смолина: винокуренный завод, мельница, казенный винный склад. Данные объекты претерпели ряд изменений, отразившихся на их объемно-пространственном решении. Они несут память об ушедшей эпохе и нуждаются в более тщательном изучении и сохранении.

Ключевые слова: история архитектуры Сибири, историческое наследие г. Кургана, исторические промышленные комплексы, купечество, охрана наследия

Для цитирования: Иванова Ю.А., Ситникова Е.В. Промышленные комплексы купца Д.И. Смолина в исторической застройке города Кургана // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 9–19.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-9-19

Yu.A. IVANOVA, E.B. SITNIKOVA,
Tomsk State University of Architecture and Building

INDUSTRIAL COMPLEXES OF MERCHANT D.I. SMOLIN IN THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF KURGAN

Abstract. *Purpose:* Identification and investigation of the presented industrial architecture of Kurgan-city built by the merchant D.I. Smolin late in the 19th and early 20th centuries. *Methodology/approach:* During the society transition from industrial to post-industrial development, some enterprises have lost their original function and need preservation and actual use. Historical industrial enterprises in the city of Kurgan are no exception. Scientific analysis of described objects based on architectural, artistic and three-dimensional parameters, their preservation and modern functional use. *Research findings:* Identification of preserved objects built by D.I. Smolin, namely: distillery, mill, official wine warehouse. These objects underwent many changes manifested in their three-dimensional solution. They carry the memory of a bygone era and need to be more carefully studied and preserved. *Practical implications:* The possibility of using the results in studying the history of architecture of Siberian cities. *Originality/value:* Collected and systematized documents on the industrial architecture of Kurgan by the merchant D.I. Smolin.

Keywords: history of architecture, Siberia, historical heritage of Kurgan, industrial complexes, merchants, heritage protection

For citation: Ivanova Yu.A., Sitnikova E.V. Promyshlennyye komplekсы kuptsa D.I. Smolina v istoricheskoi zastroyke goroda Kurgana [Industrial complexes of merchant D.I. Smolin in the historical development of Kurgan]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 9–19.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-9-19

Изучение историко-культурного наследия провинциальных городов России является важной задачей современности, обусловленной проблемами сохранения идентичности их исторического облика. Настоящее исследование посвящено изучению исторической промышленной архитектуры г. Кургана, расположенного на берегах р. Тобол в Уральском федеральном округе, в 200 км от крупного административного центра Тюмени, важную роль в формировании архитектурного облика которого сыграла застройка промышленных комплексов купца Д.И. Смолина, возведенная в конце XIX – начале XX в.

Основанный в 1679 г. г. Курган к концу XIX – началу XX в. сформировался как крупный торговый и промышленный центр. Этому во многом способствовало местное купечество, благодаря которому в городе появились масштабные промышленные комплексы – винокуренные и пивоваренные заводы, мельницы и другие предприятия.

Изучением истории формирования купечества и вклада, внесённого им в том числе и в развитие промышленности, занимались многие историки и краеведы. Значительный вклад в это внесла Александра Михайловна Васильева – историк, краевед и музейный работник. В её трудах «Забытый Курган», «Курган. Времена минувшие», «Курганское купечество (конец XVIII – начало XX века)» (в двух томах) [1] рассмотрены многие аспекты дореволюционного Кургана. Также большую роль в изучении купечества сыграл кандидат исторических наук Андрей Геннадьевич Битюков, напи-

савший книгу «Купечество Южного Зауралья в конце XVIII – начале XIX в.». Доктор исторических наук Владимир Петрович Бойко в своей монографии «Купечество Западной Сибири в конце XVIII–XIX вв.» [2] отразил проблемы формирования и функционирования купечества за Уралом и в отдельных сибирских регионах.

Вклад купечества в формирование архитектурно-художественного облика сибирских городов рассмотрен в комплексных монографиях «Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск», 2011 г. [3], «Формирование архитектурного облика городов Западной Сибири в XVII – начале XX в. и местное купечество (Тобольск, Тюмень, Томск, Тара, Омск, Каинск)», 2017 г. [4].

Новизна настоящего исследования заключается в выявлении сохранившихся объектов промышленной архитектуры Кургана, построенных купцом Д.И. Смолиным во второй половине XIX – начале XX в., и в проведении научного анализа этих объектов по архитектурно-художественным и объемно-пространственным характеристикам, их сохранности и современному функциональному использованию.

Датой основания г. Кургана считается 1679 г., до 1738 г. это поселение называлось Царевым Городищем, а затем – Курганской слободой. В начале XVIII в. для защиты от набегов кочевников слободу обнесли прочными стенами, превратив в крепость, а в 1782 г. по указу императрицы Екатерины II Курганская слобода получила название г. Курган. Прошедшая через него в XIX в. Транссибирская магистраль дала мощный толчок для развития, и к началу XX в. Курган становится крупным торговым и промышленным городом. Среди наиболее крупных предприятий этого периода можно назвать промышленные объекты купца Д.И. Смолина – пивоваренный и винокуренный заводы, мельница, салотопенный завод; винокуренный завод братьев Ушаковых; мельницы купцов И.И. Меньшикова и М.М. Дунаева; кожевенный завод Гальстона и др.

Развитие промышленности г. Кургана и Зауралья в целом приходится на вторую половину XIX в. Особенно этот процесс усилился к концу XIX – началу XX в. До этого времени развитию промышленности мешали промышленники центральных районов, чтобы не иметь конкурентов и не сужать для себя рынок сбыта.

Из архивных сведений за 1861 г. по Тобольской губернии следует: «В Курганском округе имеется 133 завода, в том числе 53 салотопенных, 2 свечных, 4 мыловаренных, 16 маслобойных, 1 винокуренный, 2 паточных, 3 мельницы, выделяющие крупчатую муку, 1 кирпичный, 3 кожевенных, 1 стекольный заводы» [5].

Большой вклад в развитие промышленности г. Кургана внесли местные купцы. Известными промышленниками среди них были Дмитрий Иванович Смолин, Фёдор Семёнович Березин, Александр Николаевич Балакшин, Сергей Александрович Балакшин, Марк Маркович Дунаев, Петр Иванович Бакинов, Иван Иванович Бакинов, Иван Иванович Меньшиков [6]. Благодаря купцам г. Курган был известен далеко за пределами России. Од-

ним из крупнейших в Зауралье купцов-промышленников считался Дмитрий Иванович Смолин.

Дмитрий Иванович Смолин родился в Ялutorовске в Тобольской губернии в 1833 г. Его семья относилась к купцам третьей гильдии. Д.И. Смолин получает образование в Ялutorовском уездном училище и в 1855 г. переезжает в Курган. В этом же году он сватается к средней дочери купца Федора Васильевича Шишкина Елизавете [7].

Многие дела Ф.В. Шишкин и Д.И. Смолин вели вместе. К их совместным предприятиям относятся салотопенный, картофелепаточный, пивоваренный, винокуренный заводы. Д.И. Смолиным была поставлена большая паровая крупчаточная мельница. Винокуренный завод, основанный ими в 1865–1866 гг., стал одним из первых в Западной Сибири. Также крупнейшим в округе предприятием был и салотопенный завод. После смерти Д.И. Смолина пивоваренный завод был отдан В.А. Гамплю, который в 1909 г. получил возможность построить новое здание пивомедоваренного завода на западной окраине города и перевести туда производство [8]. До нашего времени в неизменном виде сохранились лишь винокуренный завод и крупчаточная мельница, которые продолжают функционировать.

На своих предприятиях Дмитрий Иванович внедрял передовую технику. Кроме технического развития, он уделял большое внимание развитию условиям труда. Для своих рабочих он открывал общежития, столовые, пункты медицинской помощи и вводил различные льготы. Смолинские предприятия давали городу большое количество рабочих мест – к концу XIX в. общее их число составляло около 300. За успехи в промышленной деятельности Д.И. Смолин был награжден Большой серебряной медалью. Продукцию своих заводов купец представил на курганской сельскохозяйственной и кустарной выставке в 1895 г., которую он поддерживал и частично финансировал [9]. Выставка имела большой успех и огромный общественный резонанс в Западной Сибири.

Смолин был известен своей общественной деятельностью. Он являлся членом различных обществ, таких как общество попечения о раненых, Тобольское губернское попечительство детских приютов, Парижская национальная академия, был председателем церкви св. Александра Невского, избирался гласным Думы, начиная с её действия в Кургане и до конца своих дней. Д.И. Смолин внес огромный вклад в развитие курганской промышленности и города в целом, за что и был возведен в звание потомственного почетного гражданина города.

После смерти Д.И. Смолина его дело продолжили сыновья: Петр Дмитриевич Смолин – купец первой гильдии, Александр Дмитриевич Смолин – купец второй гильдии, Фёдор Дмитриевич Смолин – купец первой гильдии, Лев Дмитриевич Смолин – купец первой гильдии, а также его жена Елизавета Фёдоровна Шишкина. В течение четырёх лет они вели общее дело «Д.И. Смолина Наследники», а затем составили разделенный акт.

До наших дней сохранились: административное здание винокуренного завода, его цех и трубы, мельница Д.И. Смолина, комплекс казенных винных складов (рис. 1).



Рис. 1. Сохранившиеся промышленные объекты купца Д.И. Смолина в г. Кургане:
1 – казенный винный склад; 2 – мельница; 3 – винокуренный завод

Винокуренный завод Д.И. Смолина расположен на ул. Куйбышева, 122 (бывшая ул. Троицкая). В настоящее время сохранившиеся объекты завода используются предприятием ООО «Саф-нева», занимающимся производством дрожжей. Исторический облик завода остался неизменным. Этот комплекс является образцом промышленной архитектуры г. Кургана начала XX в. [10].

Административное здание винокуренного завода (рис. 2, 3) было построено в 1884 г. по проекту инженера-архитектора Ю.И. Ивашева и представляет собой двухэтажную постройку с четко прослеживающимся осевым центрированием. Здание кирпичное, оштукатуренное, под четырёхскатной крышей, крытой металлом. В плане постройка симметричная, прямоугольной формы. Главный фасад композиционно разделен ризалитами на три части. Центральный ризалит имеет больший объем по сравнению с боковыми. Он выполнен в три оси окон, центральная ось симметрии подчеркнута декоративными колоннами и фигурным аттиком с полукруглой люкарной. Балкон второго этажа с кованым ограждением, длинный – на всю ширину ризалита, что также подчеркивает его значимость. Боковые ризалиты акцентированы входной группой, окном и фронтоном. Фасад в настоящее время усложняет боковой пристрой, представлявший раньше небольшой открытый объем, служивший, вероятно, террасой. В композиционной структуре главного фасада прослеживается иерархия расположения деталей и элементов. Окна первого этажа меньше окон второго этажа и имеют меньшее количество декора. Карниз первого этажа также значительно меньше и лаконичнее карниза второго этажа. Перед зданием установлен памятник Дмитрию Ивановичу Смолину (рис. 4).



Рис. 2. Административное здание винокуренного завода Д.И. Смолина



Рис. 3. Бывшее административное здание винокуренного завода Д.И. Смолина, в настоящее время ООО «Саф-нева»



Рис. 4. Бывшее административное здание винокуренного завода Д.И. Смолина. На первом плане – памятник Дмитрию Ивановичу Смолину (URL: <https://ural-meridian.ru/news/445/>)

Особый интерес представляет декоративное убранство. Широкий венчающий карниз постройки представляет собой великолепную кирпичную кладку из фигурного и лекального кирпича, имитирующую мотивы русской деревянной резьбы, а каменные наличники окон второго этажа завершаются фигурными кокошниками. В пространствах между окон первого и второго этажа также выложены кирпичные декоративные элементы. Выкрашенные в белый цвет кирпичные узоры напоминают вырезанные из бумаги снежинки, а здание в целом выглядит как украшенный на новый год замок.

Изначально оно сочетало в себе функции жилого дома, конторы винокуренного завода и магазина, что типично для многофункциональной постройки Кургана конца XIX в. Здание является объектом культурного наследия регионального значения и используется под административные функции.

Сохранившийся цех винокуренного завода (рис. 5, 6) был построен в 1892 г. после случившегося пожара. Каменный трёхэтажный корпус имел Г-образную форму в основании, в настоящее время объем здания усложнен

многочисленными пристройками, появившимися из-за различных технологических нужд. Главный фасад здания асимметричен, с выступающим двухэтажным объемом в центральной части. Большинство окон в этой части заложены, сохранился лишь обрамляющий их наличник. Окна по всему фасаду имеют арочную форму, что характерно для промышленной архитектуры. Третий этаж венчает глухой фронтон, на котором изначально было полукруглое окно. Основным декоративным элементом фасада является руст на углах. Боковые фасады здания потеряли исторический облик из-за поздних пристроек. Изначально они представляли собой двухэтажные объемы с фронтоном, усложненные лишь небольшими одноэтажными выступами.



Рис. 5. Цех и труба винокуренного завода Д.И. Смолина



Рис. 6. Современный вид на бывший винокуренный завод Д.И. Смолина, в настоящее время ООО «Саф-нева»

Кирпичная труба винокуренного завода располагалась у бокового фасада цеха, но в настоящее время утрачена.

Цех и утраченная труба относятся к выявленным объектам культурного наследия. Исторически это был самый крупный винокуренный завод в Сибири, в настоящее время он принадлежит предприятию «Саф-нева», которое является лидером по производству дрожжей.

Мельница Д.И. Смолина (рис. 7) расположена по адресу Куйбышева, 1756. До настоящего времени дошел облик постройки 1903 г., более же ранняя версия была утрачена при пожаре.



Рис. 7. Мельница Д.И. Смолина

Здание мельницы является выявленным объектом культурного наследия, представляет собой четырёхэтажный прямоугольный объем из красного кирпича, разделенный брандмауэрной стеной на неравные части. Крыша мельницы двускатная, покрыта металлом, фасады строятся на подчеркивании графичности открытой кирпичной кладки. Продольные фасады здания имеют по десять осей окон. Окна лишены обрамлений и оформлены лучковыми перемычками. По краям здания и в части брандмауэрной стены располагаются декоративные колонны [11].

В настоящее время здание мельницы является частью промышленного комплекса ООО «Саф-нева» (рис. 8). В ней располагаются цеха по изготовлению сырья для производства дрожжей.



Рис. 8. Современный вид бывшей мельницы Д.И. Смолина, в настоящее время ООО «Саф-нева»

Казённый винный склад, принадлежавший купцу Д.И. Смолину, располагается на ул. Урицкого, 36 (бывшая ул. Запольная). До наших дней сохранились: центральное здание винного склада, сторожка и жилой дом. Постройки подверглись значительным изменениям и практически утратили исторический облик. В узнаваемом виде осталось лишь центральное здание комплекса. В настоящее время по назначению используется жилой дом, остальные постройки не эксплуатируются.

Центральное здание винного склада (рис. 9, 10) также является объектом культурного наследия регионального значения. Казенный винный склад был построен в 1902 г. по типовому проекту. По объемно-пространственному решению типовые винные склады делятся на шесть типов. Данная типология была предложена А.В. Губановым и С.А. Борозновым, по которой здание в Кургане относится к первому типу. Особенностью винных складов этого типа является ярко выраженный боковой ризалит [12].

Здание казенного винного склада краснокирпичное, Г-образное в плане. Главный фасад здания асимметричен, с четко выраженным разделением на три части. Крупный боковой ризалит в три оси окон, венчается развитым кар-

низом, где в качестве декора используются машикули. Центральная ось подчеркивается полукруглым фигурным аттиком. Меньший ризалит также венчается развитым карнизом. Ось его симметрии подчеркивается окном и входной группой. Дворовой фасад имеет симметричную композицию, состоящую из трёх частей – два ризалита и центральная часть. В композиционной структуре здания прослеживается иерархия расположения архитектурных элементов. Архитектура здания винного склада выдержана в одном из направлений эклектики – «кирпичном» стиле, который широко применялся в промышленной архитектуре второй половины XIX – начала XX в.



Рис. 9. Казенный винный склад Д.И. Смолина



Рис. 10. Современный вид бывшего казенного винного склада Д.И. Смолина

В настоящее время здание винного склада реконструировано. Был достроен третий этаж над центральной частью. Из-за этого была утрачена мансарда и исторический декор крыши. Также утрачена историческая улица Запольная, на которую выходил главный фасад здания, в результате изменилось восприятие постройки в целом.

В результате проведенного исследования установлено, что из промышленных комплексов Д.И. Смолина до наших дней сохранилось лишь три из шести предприятий: винокуренный завод, мельница, казенные винные склады. Расположенные в историческом центре г. Кургана, они отражают характер той эпохи и, несомненно, являются исторически ценными объектами архитектуры. Здания винокуренного завода и мельницы продолжают использоваться под промышленные функции. Казённый винный склад находится в запустении после выезда оттуда завода дорожных машин. В отличие от других сохранившихся предприятий, он находится в центре города и имеет большой потенциал в развитии не только как промышленный объект, но, возможно, и общественный. Если не уделять внимания этим объектам, то постепенно их исторический облик может быть утрачен, что приведет к потере целого пласта истории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильева А.М. Курганское купечество (конец XVIII – начало XX века). В 2 томах. Шу-миха : ОГУП «ШМРТ», 2010. 384 с. + 320 с.
2. Бойко В.П. Купечество Западной Сибири в конце XVIII–XIX в. Очерки социальной, отраслевой и ментальной истории. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2009. 309 с.

3. *Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество* (XVII – начало XX века). Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Колывань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск / под ред. В.П. Бойко. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 480 с.
4. *Бойко В.П., Ситникова Е.В., Богданова О.В., Шагов Н.В.* Формирование архитектурного облика городов Западной Сибири в XVII – начале XX в. и местное купечество (Тобольск, Тюмень, Томск, Тара, Омск, Каинск). Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. 324 с.
5. *Промышленность Кургана и округа в XIX – начале XX веков* // Уральский меридиан. 2017. URL: <https://ural-meridian.ru/news/34394/> (дата обращения: 16.09.2021).
6. *Васильева А.М.* Забытый Курган. Курган : Зауралье, 1997. 360 с.
7. *Смолин Дмитрий Иванович* // Лица Зауралья. 2011–2015. URL: <https://web.archive.org/web/20170514182547/>; <http://persona.kurganobl.ru/kuptsy-i-prom/smolin-di> (дата обращения: 18.09.2021).
8. *Государственный архив г. Тобольска*. Ф. И-353. Оп. 1. Д. 735.
9. *Зауральская генеалогия* // История сословий. Смолин Д.И. 2021. URL: http://www.kurgan-gen.ru/Istoria%20soslovy/Kupeststvo/Kurganskoe%20kupec/S-T/#_Toc283549121 (дата обращения: 01.10.2021).
10. *Государственный архив г. Тобольска*. Ф. И-353. Оп. 1. Д. 458.
11. *Культурное наследие города Кургана* // Мельница Смолина Д.И. 2012. URL: <https://kurgan.pro/> (дата обращения: 29.10.2021).
12. *Губанов А.В., Борознов С.А.* К вопросу изучения типов объемно-пространственных решений казенных винных складов в конце XIX – начале XX в. Макеевка : ДонНАСА, 2014, 17 с.

REFERENCES

1. *Vasil'eva A.M.* Kurganskoe kupechestvo (konets XVIII – nachalo XX veka) [Kurgan Merchants (late 18th and early 20th century)], in 2 vol. Shumikha, 2010. 384 p. (rus)
2. *Boiko V.P.* Kupechestvo Zapadnoi Sibiri v kontse XVIII-XIX v. Ocherki sotsial'noi, otraslevoi i mental'noi istorii [Merchants of Western Siberia in 18–19th centuries. Essays of social, industry and mental history]. Tomsk: TSUAB, 2009. 309 p. (rus)
3. *Boiko V.P.* Arkhitektura gorodov Tomskoi gubernii i sibirskoe kupechestvo (XVII – nachalo XX veka). Tomsk, Biisk, Barnaul, Kuznetsk, Kolyvan, Kamen-na-Obi, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk [Tomsk province architecture and the Siberian merchants in the 17–20th centuries. Tomsk, Biysk, Barnaul, Kuznetsk, Kolyvan, Kamen-on-Ob, Narym, Mariinsk, Novonikolaevsk]. Tomsk: TSUAB, 2011. 480 p. (rus)
4. *Boiko V.P., Sitnikova E.V., Bogdanova O.V., Shagov N.V.* Formirovanie arkhitekturnogo oblika gorodov Zapadnoi Sibiri v 17–20 vv. i mestnoe kupechestvo (Tobolsk, Tyumen, Tomsk, Tara, Omsk, Kainsk) [Formation of urban architecture of Western Siberia in the 17–20th centuries. and local merchants (Tobolsk, Tyumen, Tomsk, Tara, Omsk, Kainsk)]. Tomsk: TSUAB, 2017. 324 p. (rus)
5. *Promyshlennost' Kurgana i okruga v XIX – nachale XX vekov* [Industry and Kurgan district in the 19th and early 20th centuries]. Ural'skii Meridian. 2017. Available: <https://ural-meridian.ru/news/34394/> (accessed September 16, 2021). (rus)
6. *Vasil'eva A.M.* Zabytyi Kurgan [Forgotten Kurgan]. Kurgan: Zaural'e, 1997. 360 p. (rus)
7. *Smolin Dmitrii Ivanovich* [Smolin Dmitrii Ivanovich]. Litsa Zaural'ya. 2011–2015. Available: <https://web.archive.org/web/20170514182547/>; <http://persona.kurganobl.ru/kuptsy-i-prom/smolin-di> (accessed September 18, 2021). (rus)
8. *Gosudarstvennyi arkhiv g. Tobol'ska* [Tobolsk State Archive]. Form I-353. List. 1. Rec. 735. (rus)
9. *Smolin D.I.* Zaural'skaya genealogiya [Trans-Ural genealogy]. In: Istoriya soslovii. Available: www.kurgan-gen.ru/Istoria%20soslovy/Kupeststvo/Kurganskoe%20kupec/S-T/#_Toc283549121 (accessed October 1, 2021). (rus)
10. *Gosudarstvennyi arkhiv g. Tobol'ska* [Tobolsk State Archive]. Form I-353. List. 1. Rec. 458. (rus)
11. *Kul'turnoe nasledie goroda Kurgana* [Cultural heritage of Kurgan]. In: Mel'nitsa Smolina D.I. Available: <https://kurgan.pro/> (accessed October 29, 2021). (rus)

12. *Gubanov A.V., Boroznov S.A. K voprosu izucheniya tipov ob"emno-prostranstvennykh reshenii kazennykh vinnykh skladov v kontse XIX – nachale XX* [Types of volumetric and spatial solutions of public wine stores in the 19–20th centuries]. Donbass: DonNASA, 2014. 17 p. (rus)

Сведения об авторах

Иванова Юлия Александровна, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, julia.uy2016@yandex.ru

Ситникова Елена Владимировна, канд. архитектуры, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, elensi@vtomske.ru

Authors Details

Yulia A. Ivanova, Graduate Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, julia.uy2016@yandex.ru

Elena V. Sitnikova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, elensi@vtomske.ru

УДК 726.012

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-20-33

А.А. ВАРАНКИНА^{1,2}, А.Н. ФЕДОРОВ¹, Л.С. РОМАНОВА²,¹Тюменский индустриальный университет,²Томский государственный архитектурно-строительный университет

ДЕРЕВЯННЫЕ ПРАВОСЛАВНЫЕ ХРАМЫ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XVIII – НАЧАЛА XX ВЕКА

Аннотация. Статья посвящена деревянной православной архитектуре Сибири, сохранение и реставрация которой особенно актуальны в настоящее время. Впервые публикуются материалы исследования деревянных православных сакральных объектов юга Тюменской области второй половины XVIII – начала XX в., типы их объемно-планировочных и композиционных решений.

Цель исследования – выявление и научное обоснование значимости деревянных храмов юга Тюменской области второй половины XVIII – начала XX в. в сохранении архитектурно-художественного облика населенных пунктов в настоящее время.

Методика исследования основывается на комплексном подходе, включающем: изучение и использование дореволюционных и современных архивных и библиографических источников, научно-исследовательских работ, связанных с темой исследования; проведение натурного обследования (фотофиксация, обмеры), анализ и систематизацию научно-исследовательских результатов.

В статье рассмотрены предпосылки появления православных деревянных храмов в городах Сибири, их стилиевые и архитектурные особенности, дан анализ их ценностных характеристик. Исследования проводились в рамках стратегического проекта «Архитектурный образ региона» по формированию архитектурного, историко-культурного и природного туристского каркаса региона на кафедре дизайна архитектурной среды Тюменского индустриального университета. Исследование подтверждает определяющую роль деревянных храмов второй половины XVIII – начала XX в., расположенных на юге Тюменской области в сохранении историко-архитектурного облика населенных пунктов.

Ключевые слова: сохранение наследия, деревянное зодчество, градостроительное значение, объемно-планировочные решения, стилистические особенности

Для цитирования: Варанкина А.А., Федоров А.Н., Романова Л.С. Деревянные православные храмы юга Тюменской области второй половины XVIII – начала XX века // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 20–33.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-20-33

А.А. VARANKINA^{1,2}, A.N. FEDOROV¹, L.S. ROMANOVA²,¹Tyumen Industrial University,²Tomsk State University of Architecture and Building

WOODEN ORTHODOX CHURCHES OF SOUTHERN TYUMEN REGION IN THE 18-19th CENTURIES

Abstract. Purpose: Substantiation of the importance of wooden churches in the south of the Tyumen region in preservation of the architectural style of settlements in the present time.

Methodology: Integrated approach, including the analysis of pre-revolutionary and modern archival, bibliographic sources and related research works. Full-scale survey (photographs,

measurements), analysis and systematization of research results. Studies of works of S.N. Balandin, V.I. Kochedamov, A.Yu. Mainicheva dedicated to the architecture of Siberia and A.S. Ivanenko, B.A. Zhuchenko, S.P. Zavarikhin, E.M. Kozlova-Afanasyeva, V.E. Kopylov on the history of the Tyumen region. *Research findings*: The paper considers prerequisites for the appearance of the Orthodox wooden churches in Siberian cities in the 18-19th centuries, their architectural styles and valuable characteristics. *Practical implications*: Research results show the crucial role of wooden churches built in the 18-19th centuries in the south of the Tyumen region in preservation of the architectural style of modern settlements.

Keywords: heritage preservation, wooden architecture, town-planning, spatial planning, architectural styles

For citation: Varankina A.A., Fedorov A.N., Romanova L.S. Derevyannye pravoslavnye khramy yuga Tyumenskoi oblasti vtoroi poloviny XVIII – nachala XX veka [Wooden orthodox churches of Southern Tyumen region in the 18–19th centuries]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 20–33. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-20-33

Для малых и больших населенных пунктов Тюменского региона, как и для других сибирских территорий, деревянное зодчество имеет важное культурное и историческое значение. Проблема сохранения этого ценного культурного достояния является особенно актуальной в современных реалиях. В ведущих городах Сибири возводились объекты деревянной архитектуры, которые в настоящее время не лишены внимания специалистов, подлежат охране и достаточно регулярно реставрируются. Не так хорошо обстоит дело на селе. Деревянные строения в малых населенных пунктах – сакральные объекты дореволюционного времени, дома культуры советского периода, торговые лавки, жилые усадьбы – обречены на частичное или полное разрушение и исчезновение.

В Российской империи храм был центром людского притяжения, своеобразным маяком и ориентиром для человека. Он помогал ему ориентироваться не только в трехмерном пространстве, но и в пространстве жизненных ситуаций, давая ответы на самые непростые мирские вопросы. В справочной книге Tobольской Епархии представлена статистика сохранившихся православных храмов, монастырей и часовен в Tobольском, Березовском, Ишимском, Курганском, Сургутском, Туринском, Тюменском и Ялуторовском уездах к 1 сентября 1913 г. [1].

Научная новизна статьи заключается в комплексном исследовании архитектуры деревянных православных храмов юга Тюменской области второй половины XVIII – начала XX в., сохранившихся до настоящего времени. Теоретическая ценность исследования заключается в получении новых данных по истории деревянной архитектуры русской провинции обозначенного периода, базирующихся на выявлении и систематизации архивных документов и материалов натурного обследования, проведенного авторами.

Результаты исследования могут быть использованы при выполнении научно-исследовательских работ по данной тематике; в практической деятельности по реставрации и охране объектов историко-культурного наследия Тюменского региона; в лекционных курсах по региональной архитектуре, ре-

ставрации объектов деревянного зодчества; в популяризации деревянного зодчества и развитии регионального туризма.

Материалы и методы исследования основываются на комплексном подходе: изучении современных, архивных и библиографических источников, содержащих данные по сакральной архитектуре Сибири; проведении натурного обследования населенных пунктов юга Тюменской области на период 2017–2020 гг. с анализом сложившейся градостроительной ситуации; составлении типологии деревянных православных храмов Тюменского региона.

Существенный вклад в изучение архитектуры православных храмов России внесли Е.Р. Возняк, М.Ю. Кеслер и др.

Исследованию архитектуры Сибири посвящены труды Н.П. Журина, В.И. Кочеданова, А.Ю. Майничевой и др.

Изучением православных храмов Сибири занимались исследователи С.Н. Баландин, А.П. Герасимов, Е.С. Оболкина и др.

Истории Тюмени посвящены работы А.С. Иваненко, Б.А. Жученко, С.П. Заварихина, Е.М. Козловой-Афанасьевой и др.

Большую ценность представляет Справочная книга Тобольской епархии 1913 г., где представлена информация о сохранившихся православных храмах, монастырях и часовнях на начало XX в.

Базой настоящей работы являются материалы научных и экспедиционных исследований, проведенных Тюменским индустриальным университетом (ТИУ). С 2017 г. в рамках стратегического проекта «Архитектурный образ региона» в Институте архитектуры и дизайна начались исследования историко-культурного потенциала юга Тюменской области. Существенный вклад в изучение проблемы сохранения деревянных православных храмов юга Тюменской области внесли А.И. Клименко, В.А. Силантьев, А.Н. Федоров и др.

В статье материалы историко-архивных изысканий и результаты натурных исследований представлены в табличной форме и отражают их различные аспекты. Анализ степени сохранности объектов деревянной православной архитектуры XVIII–XX вв. на территории юга Тюменской области на начало XX и XXI в. отражен в табл. 1.

Таблица 1

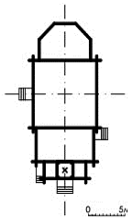
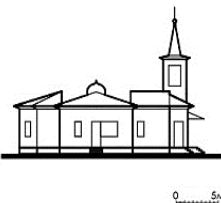
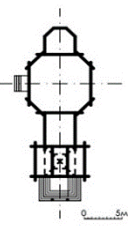
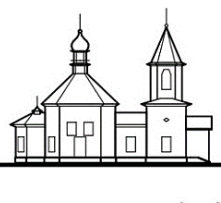
Сохранность объектов деревянной сакральной архитектуры юга Тюменской области второй половины XVIII – начала XX в.

Период	Количество православных церквей			Количество православных старообрядческих церквей		
	2-я пол. XVIII в.	XIX в.	Начало XX в.	2-я пол. XVIII в.	XIX в.	Начало XX в.
Начало XX в.	10	109	28	–	4	5
XXI в.	7	34	11	–	–	–

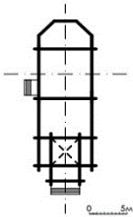
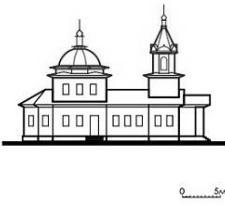
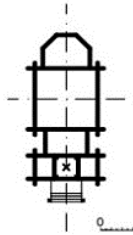
Исторические сведения, стилевые и архитектурные характеристики деревянных храмов, их объемно-планировочные и композиционные решения, техническое состояние и историко-культурная значимость представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

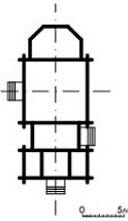
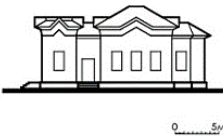
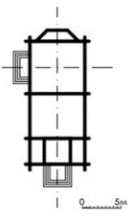
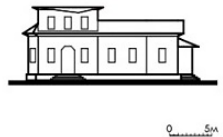
**Анализ сохранившихся деревянных православных храмов,
состоящих на государственной охране, на юге Тюменской области
по состоянию на 2020 г.***

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Вторая половина XIX в.			
Церковь Петра и Павла в с. Шестовское Тобольского уезда  Фото 1990-х гг. [2] Дата постройки: 1857 г. как приходской храм Стиль: классицизм Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь Петра и Павла в с. Шестовое Вагайского района  Фото А.А. Варанкиной, март 2020 г. Статус объекта: памятник регионального значения от 21.08.2005 В настоящее время не действует Техническое состояние: аварийное [3]		
Церковь Владимирская в с. Нижнеманайское Ялуторовского уезда  Фото 1990-х гг. [2] Дата постройки: 1866 г. как приходской храм Стиль: псевдорусский Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь Владимирская в с. Нижнеманай Упоровского района  Фото А.А. Варанкиной, март 2020 г. Статус объекта: памятник регионального значения от 15.07.1997 В настоящее время действующий храм Техническое состояние: работоспособное [4]		

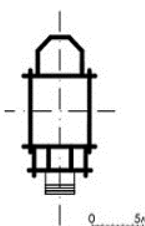
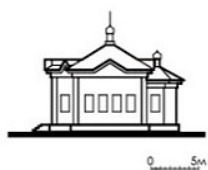
Продолжение табл. 2

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Церковь Покрова Богородицы в с. Бобылевское Ялуторовского уезда  Фото 1990-х гг. [2] Дата постройки: 1868 г. как приходской храм В середине XX в. разрушен 2006–2010-е гг. – реставрация с отклонениями от первоначального облика Стиль: классицизм Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: купец А. Шишкин и В. Калинин	Церковь Покрова Богородицы в с. Бобылево Исетского района  Фото А.А. Варанкиной, март 2020 г. Статус объекта: памятник регионального значения от 31.01.2005 В настоящее время действующий храм Техническое состояние: работоспособное		
Церковь Владимирская в с. Петелино Ялуторовского уезда  Фото 1990-х гг. [2] Дата постройки: 1890-е гг. как приходской храм Архитектор: Б.Б. Цинке Заказчик: прихожане	Церковь Владимирская в с. Петелино Ялуторовского района  Фото А.А. Варанкиной, март 2020 г. Статус объекта: памятник регионального значения от 15.07.1997 В настоящее время действующий храм Техническое состояние: работоспособное		

Продолжение табл. 2

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Церковь Троицкая в с. Староалександровка Тюменского уезда Дата постройки: 1897 г. как приходской храм Архитектор: Б.Б. Цинке Заказчик: прихожане	Церковь Троицкая в с. Староалександровка Ярковского района  Фото А.А. Варанкиной, март 2020 г. Статус объекта: памятник регионального значения от 31.01.2005 В настоящее время не действует Техническое состояние: аварийное		
Начало XX в.			
Церковь Троицкая в с. Шадринское Ялуторовского уезда  Фото 1990-х гг. [2] Дата постройки: 1903 г. как приходской храм Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь Троицкая в с. Старое Шадрино Упоровского района  Фото А.А. Варанкиной, март 2020 г. Статус объекта: памятник регионального значения от 13.01.2006 В настоящее время не действует Техническое состояние: аварийное		

Окончание табл. 2

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Церковь Александра Невского в с. Сычево Тобольского уезда Дата постройки: 1908 г. как приходской храм Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь Александра Невского в с. Сычево Вагайского района  Фото А.А. Варанкиной, июнь 2019 г. Статус объекта: памятник регионального значения от 31.01.2005 В настоящее время не действует Техническое состояние: аварийное		

* Выполнила А.А. Варанкина.

В начале XXI в. на территориях юга Тюменской области сохранилось 52 православных деревянных храма, из которых 7 объектов состоят на государственной охране:

1. Церковь Петра и Павла в с. Шестовое, построена в 1857 г. (табл. 2, п. 1).
2. Церковь Владимирская в с. Нижнеманай, построена в 1866 г. (табл. 2, п. 2).
3. Церковь Покрова Богородицы в с. Бобылево, построена в 1868 г. (табл. 2, п. 3).
4. Церковь Владимирская в с. Петелино, построена в 1890-х гг. (табл. 2, п. 4).
5. Церковь Троицкая в с. Староалександровка, построена в 1897 г. (табл. 2, п. 5).
6. Церковь Троицкая в с. Старое Шадрино, построена в 1903 г. (табл. 2, п. 6).
7. Церковь Александра Невского в с. Сычево, построена в 1908 г. (табл. 2, п. 7).

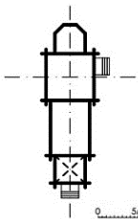
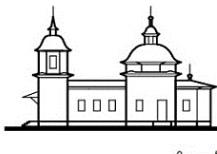
Храмы, представленные ниже в списке и проиллюстрированные в табл. 3, необходимо рекомендовать для внесения в перечень объектов историко-культурного наследия Тюменского региона:

1. Церковь Петра и Павла в с. Битюки, построена в 1761–1762 гг. (табл. 3, п. 1).

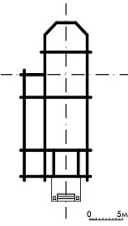
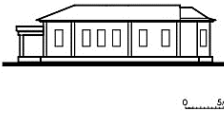
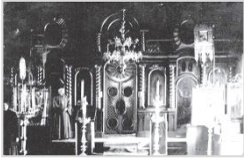
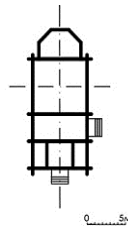
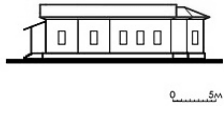
2. Церковь Троицы Живоначальной в с. Луговое, построена в 1786 г. (табл. 3, п. 2).
3. Церковь Пресвятой Богородицы в с. Плеханово, построена в 1857 г. (табл. 3, п. 3).
4. Церковь во имя Андрея Первозванного в с. Агалья, построена в 1885 г. (табл. 3, п. 4).
5. Церковь Покрова Пресвятой Богородицы в с. Мальково, построена в 1886 г. (табл. 3, п. 5).
6. Церковь во имя Архистратига Михаила в с. Червишево, построена в 1898 г. (табл. 3, п. 6).
7. Церковь в честь Богоявления Господня в с. Заводопетровское, построена в 1900 г. (табл. 3, п. 7).
8. Церковь Покровская в г. Ишиме, построена в 1914 г. (табл. 3, п. 8).

Таблица 3

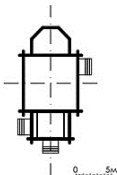
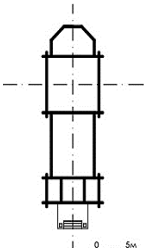
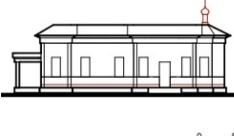
**Анализ сохранившихся деревянных православных храмов,
не состоящих на государственной охране, на юге Тюменской области
по состоянию на 2020 г.***

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Вторая половина XVIII в.			
Церковь Петра и Павла в с. Битюков- ское Ялуторовского уезда  Фото 1980 г. [2] Дата постройки: 1761–1762 гг. как приходской храм Стиль: барокко Архитектор: Тоболь- ская духовная конси- стория Заказчик: купец И.А. Битюков	Церковь Петра и Павла в с. Битюки Исетского района  Фото А.А. Варанкиной, июнь 2019 г. Статус объекта: не состоит на охране В настоящее время дей- ствующий храм [5] Техническое состояние: работоспособное (на реставрации)		

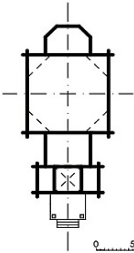
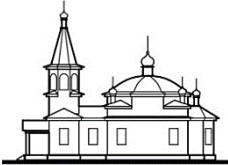
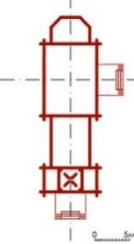
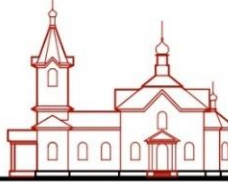
Продолжение табл. 3

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Церковь Троицы Живоначальной в с. Луговское Тюменского уезда Дата постройки: 1786 г. как приходской храм Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь Троицы Живоначальной в с. Луговое Тюменского района  Фото С. Харитонова, апрель 2015 г. [6] Статус объекта: не состоит на охране В настоящее время не действует Техническое состояние: аварийное		
Вторая половина XIX в.			
Церковь Пресвятой Богородицы в с. Плехановское Тобольского уезда  Интерьер церкви. Фото 1920-х гг. [7] Дата постройки: 1857 г. как приходской храм Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь Пресвятой Богородицы в с. Плеханово Ярковского района  Апсида церкви. Фото 2017 г. [7] Статус объекта: не состоит на охране В настоящее время не действует Техническое состояние: аварийное		

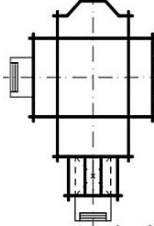
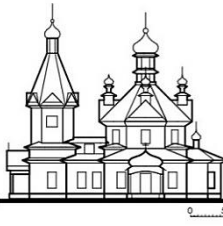
Продолжение табл. 3

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Церковь во имя Андрея Первозванного в с. Агалинское Тобольского уезда Дата постройки: 1885 г. как приходской храм Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь во имя Андрея Первозванного в с. Агалья Ярковского района  Фото А.И. Клименко, март 2018 г. Статус объекта: не состоит на охране В настоящее время не действует Техническое состояние: аварийное		
Церковь Покрова Пресвятой Богородицы в с. Мальковское Тюменского уезда Дата постройки: 1886 г. как приходской храм Архитектор: неизвестен, типовый проект. Красным цветом на схематичном изображении представлено позднее малоценное наложение Заказчик: тюменский купец И.П. Войнов	Церковь Покрова Пресвятой Богородицы в с. Мальково Тюменского района  Фото А.А. Варанкиной, апрель 2022 г. Статус объекта: не состоит на охране В настоящее время не действует Техническое состояние: аварийное		

Продолжение табл. 3

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Церковь во имя Архистратига Михаила в с. Червишевское Тюменского уезда Дата постройки: 1898 г. как приходской храм Архитектор: неизвестен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь во имя Архистратига Михаила в с. Червишево Тюменского района  Фото С. Мунарева, октябрь 2007 г. [6] Статус объекта: не состоит на охране В настоящее время действующий храм Техническое состояние: работоспособное		
Начало XX в.			
Церковь в честь Богоявления Господня в с. Заводопетровское Ялуторовского уезда  Фото 1980-х гг. [2] Дата постройки: 1900 г. как приходской храм В середине XX в. разрушен; XXI в. – выполнен новодел с отклонениями от первоначального облика (обозначен красным цветом) Архитектор: неизвестен, типовый проект Красным цветом на схематичном изображении представлено позднее малоценное наложение Заказчик: прихожане	Церковь в честь Богоявления Господня в с. Заводопетровское Ялуторовского района  Фото А.А. Варанкиной, февраль 2018 г. Статус объекта: не состоит на охране В настоящее время действующий храм Техническое состояние: работоспособное		

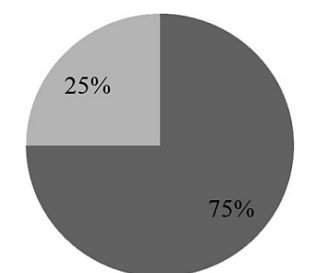
Окончание табл. 3

Название храма. Исторические сведения	Современные сведения	Схематичное изображение храма по результатам обмеров 2020 г.	
		Схема плана	Схема главного фасада
Церковь Покровская в г. Ишиме Ишимско- го уезда  Фото начала XX в. [8] Дата постройки: 1914 г. как приход- ской храм Стиль: псевдорусский Архитектор: неизве- стен, типовый проект Заказчик: прихожане	Церковь Покровская в г. Ишиме Ишимского района  Фото А.А. Варанкиной, июль 2018 г. Статус объекта: не состо- ит на охране В настоящее время дей- ствующий храм Техническое состояние: работоспособное [9]		

* Выполнила А.А. Варанкина.

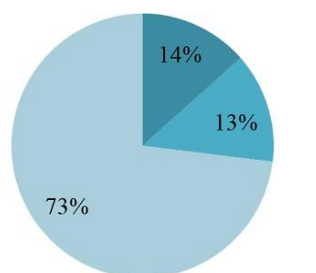
Проведённое исследование позволяет сделать вывод, что к началу XXI в. на юге Тюменской области сохранилась лишь 1/4 часть деревянных православных храмов второй половины XVIII – начала XX в. (рис. 1).

Анализ историко-культурной значимости сохранившихся деревянных церквей показал, что из 52 выявленных объектов 14 являются ценными для Тюменского региона. Из них 7 объектов состоят на государственной охране и 7 рекомендуются к постановке на госохрану, 38 церквей перестроены (рис. 2).



■ – на начало XX в. (156 храмов)
■ – на начало XXI в. (52 храма)

Рис. 1. Процентное соотношение сохранившихся деревянных православных храмов на юге Тюменской области



■ – объекты культурного наследия (7)
■ – ценные объекты, рекомендованные на постановку на государственную охрану (7)
■ – новоделы (38)

Рис. 2. Процентное соотношение историко-культурной значимости деревянных православных храмов на юге Тюменской области в XXI в.

Представленные материалы являются частью диссертационного исследования, посвященного деревянным православным храмам второй половины XVIII – начала XX в. на юге Тюменской области. Работа выполняется на кафедре реставрации и реконструкции архитектурного наследия ТГАСУ – аспирант А.А. Варанкина, руководитель канд. архитектуры, доцент Л.С. Романова [10].

Утрата исторических деревянных храмов и перестройка значительного их количества существенно влияет на изменение архитектурно-художественного облика населённых пунктов на юге Тюменской области. Необходимо срочное вмешательство органов охраны и властных структур для изменения сложившейся ситуации. Материалы исследований, выполненных авторами, могут стать действенным инструментом в сохранении деревянных православных храмов и архитектурно-художественного своеобразия населённых мест данного региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Справочная книга Тобольской епархии* / Издание Тобольского Епархиального Братства Св. Великом. Димитрия Солунского. Тобольск : Типография Епархиального братства, 1913. 433 с.
2. *Обследование памятников архитектуры Тюменской области*. Т. 1. Кн. 1 // Архив института «Спецпроектреставрация». Москва, 1990.
3. *Сенникова Е.А., Варанкина А.А., Федоров А.Н.* Деревянная церковь в честь Петра и Павла в селе Шестовое Вагайского района Тюменской области. Материалы графической реконструкции // *Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития*. 2021. № 2. С. 429–437.
4. *Варанкина А.А., Романова Л.С.* Деревянная церковь Владимирская в селе Нижнеманай Упоровского района Тюменской области. Материалы исследования // *Сборник 66-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых*. Томск, 2020. С. 291–297.
5. *Иванова Ю.И., Варанкина А.А., Федоров А.Н.* Проблемы сохранения и реставрации деревянных сакральных объектов юга Тюменской области // *Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития*. ТИУ. 2019. № 2. С. 67–72.
6. *Народный каталог православной архитектуры* // *Соборы.ру* : официальный сайт. URL: <https://sobory.ru/article/?object=25282>
7. *Тобольская митрополия* : официальный сайт. URL: <http://tobolsk-eparhia.ru/p/blag/php/place.php?id=tob&id1=9&id2=2>
8. *Ишимская епархия Тобольской митрополии Русской православной церкви* : официальный сайт. URL: <http://ishim-eparhia.ru/index/pokrovskij-khram-g-ishim/0-18>
9. *Киселева А.Н., Федоров А.Н., Варанкина А.А.* Опыт сохранения объекта деревянного зодчества на примере церкви в честь Покрова Пресвятой Богородицы в г. Ишиме Тюменской области // *Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития*. 2020. № 2. С. 219–225.
10. *Варанкина А.А., Федоров А.Н.* Типология деревянных православных храмов юга Тюменской области второй половины XVIII – начала XX века // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2021. Т. 24. № 1. С. 54–66.

REFERENCES

1. *Spravochnaya kniga Tobol'skoi eparkhii* [Reference book of Tobolsk Province] In: *Izдание Tobol'skogo Eparkhial'nogo Bratstva Sv. Velikom. Dimitriya Solunskogo* [Published by Tobolsk Diocesan Brotherhood of St. Demetrius of Thessaloniki]. Tobolsk: Tipografiya Eparkhial'nogo bratsva, 1913. 433 p. (rus)

2. Obsledovanie pamyatnikov arkitektury Tyumenskoi oblasti [Examination of architectural monuments in the Tyumen region]. Vol. 1. Book 1. Moscow, 1990. (rus)
3. Sennikova E.A., Varankina A.A., Fedorov A.N. Derevyannaya tserkov' v chest' Petra i Pavla v sele Shestovoe Vagaiskogo raiona Tyumenskoi oblasti. Materialy graficheskoi rekonstruktsii [Wooden church in honor of Peter and Paul in the village of Shestovoye, Vagaysky district, Tyumen region. Graphic reconstruction]. *Arkitektura i arkhitekturnaya sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya*. 2021. No. 2. Pp. 429–437. (rus)
4. Varankina A.A., Romanova L.S. Derevyannaya tserkov' Vladimirskaia v sele Nizhneimanai Uporovskogo raiona Tyumenskoi oblasti [Wooden Church of Vladimir in the village of Nizhneimanai Uporovskogo district of the Tyumen region]. In: Sbornik 66-i Universitetskoj nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh (*Proc. 66th Univ. Sci. Conf. of Students and Young Scientists*). Tomsk, 2020. Pp. 291–297. (rus)
5. Ivanova Yu.I., Varankina A.A., Fedorov A.N. Problemy sokhraneniya i restavratsii derevyannykh sakral'nykh ob'ektov yuga Tyumenskoi oblasti [Problems of preservation and restoration of wooden sacred objects in the south of the Tyumen region]. *Arkitektura i arkhitekturnaya sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya*. 2019. No. 2. Pp. 67–72. (rus)
6. Narodnyi katalog pravoslavnoi arkitektury [Public catalog of Orthodox architecture]. Available: <https://sobory.ru/article/?object=25282> (rus)
7. Tobol'skaya mitropoliya [Tobolsk Province]. Available: <http://tobolsk-eparhia.ru/p/blag/php/place.php?id=tob&id1=9&id2=2> (rus)
8. Ishimskaya eparkhiya Tobol'skoi mitropolii Russkoi pravoslavnoi tserkvi [Ishim Diocese of the Tobolsk Metropolis of the Russian Orthodox Church]. Available: <http://ishim-eparhia.ru/index/pokrovskij-khram-g-ishim/0-18> (rus)
9. Kiseleva A.N., Fedorov A.N., Varankina A.A. Opyt sokhraneniya ob'ekta derevyannogo zodchestva na primere tserkvi v chest' Pokrova Presvyatoi Bogoroditsy v g. Ishime Tyumenskoi oblasti [Preservation of wooden church architecture in honor of the Intercession of the Most Holy Theotokos in Ishim, Tyumen region]. *Arkitektura i arkhitekturnaya sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya*. 2020. No. 2. Pp. 219–225. (rus)
10. Varankina A.A., Fedorov A.N. Tipologiya derevyannykh pravoslavnykh khramov yuga Tyumenskoi oblasti vtoroi poloviny XVIII – nachala XX v [Typology of wooden Orthodox Churches in the Tyumen region in the 18th and early 20th centuries]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2022. V. 24. No. 1. Pp. 54–66. (rus)

Сведения об авторах

Варанкина Анна Андреевна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет; ассистент, Тюменский индустриальный университет, 625001, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, anna-maria0613@mail.ru

Фёдоров Андрей Николаевич, доцент, член САР, Тюменский индустриальный университет, 625001, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, arh-tum@rambler.ru

Романова Лариса Степановна, канд. архитектуры, доцент, советник РААСН, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, lara235@yandex.ru

Authors Details

Anna A. Varankina, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia; Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia, anna-maria0613@mail.ru

Andrey N. Fedorov, A/Professor, Tyumen Industrial University, 38, Volodarskii Str., 625000, Tyumen, Russia; member of the Union of Architects of Russia, arh-tum@rambler.ru

Larisa S. Romanova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia; RAACS Adviser, lara235@yandex.ru

УДК 728.48

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-34-48

*Е.С. СВЕЧКАРЬ, Н.А. МОРГУН,**Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета*

ЭВОЛЮЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ДОСУГОВЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ КЛУБНОГО ТИПА

Аннотация. Досуговые учреждения клубного типа – один из самых распространённых типов архитектуры на протяжении длительного отрезка времени. При этом их архитектура с точки зрения функциональной насыщенности и планировочной структуры весьма разнообразна. На это может влиять регион проектирования, конкретные задачи объекта, направленность на определённую социальную группу, а также, что весьма важно, исторический этап. Выявление отличительных черт клубных объектов в различные временные отрезки, причин возникновения этих отличий, а также сам процесс их возникновения позволяют сформировать более четкое понимание архитектуры клуба как важного досугового объекта прошлого и настоящего.

Целью настоящей работы является анализ эволюции функционально-планировочной структуры досуговых клубных учреждений в разные исторические этапы, попытка понять, каким образом изменялась архитектура клуба, его структура и что на это влияло.

Основной материальной базой выступал отечественный опыт проектирования клубных сооружений, однако в ходе исследования была необходимость также оценивать зарубежные объекты и подходы как место зарождения современной клубной архитектуры (английские клубы) и в качестве примеров альтернативных вариантов развития. Главным методом выступает анализ графических материалов для оценки функционально-планировочной структуры.

В ходе исследования удалось выявить характерные типы клубов для разных исторических этапов с позиции их функционально-планировочной структуры, причины их эволюции, эксплуатационные и проектные особенности. Приведенный графический материал позволяет увидеть наглядно процесс развития клубной архитектуры, изменения функциональной наполненности, доминирование и взаимодействие отдельных частей объекта.

Ключевые слова: функционально-планировочная структура зданий, досуговая архитектура, архитектура клуба, английский клуб, Дворянское собрание, народный дом, рабочий клуб, дом культуры, досуговый центр

Для цитирования: Свечкарь Е.С., Моргун Н.А. Эволюция функционально-планировочной структуры досуговых учреждений клубного типа // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 34–48.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-34-48

*E.S. SVECHKAR, N.A. MORGUN,**The Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University*

EVOLUTION OF FUNCTIONAL AND PLANNING STRUCTURE OF CLUB-TYPE LEISURE INSTITUTIONS

Abstract. Purpose: Analysis of the evolution of the functional and planning structure of leisure club institutions. An attempt to understand how the architecture of the club changed, its structure, and what influenced it. **Methodology/approach:** Analysis of the experience of de-

signing club facilities in various regions. A more detailed study concerns the Russian experience, but other regions are also being considered at different stages. The main method in the study is the analysis of graphic materials to assess the functional and planning structure. *Research findings*: Club-type leisure facilities are very popular. In terms of functional saturation and planning structure, their architecture is diverse. It can be influenced by the design, specific tasks, focus on a certain social group, and historical stage. Identification of the specifics of club facilities in different time periods provides the better understanding of the club architecture as an important leisure object of the past and present. Identified are the functional planning structures for different periods as well as the reasons of their evolution. The diagrams are suggested for the development of the club architecture, functional changes, dominance and interaction of its individual parts. *Practical implications*: The development of the club architecture and identification of factors influencing it determine the architecture at the present stage and demonstrate the importance of certain social and regional features. *Originality/value*: The identified stages clearly demonstrate changes in the functional and planning structure of the club, the original idea of leisure facilities and the evolution into modern clubs.

Keywords: functional and planning structure, leisure architecture, club architecture, royal club, Gentry Assembly, folk's house, workers' club, house of culture, leisure center

For citation: Svechkar' E.S., Morgun N.A. Evolyutsiya funktsional'no-planirovochnoi struktury dosugovykh uchrezhdenii klubnogo tipa [Evolution of functional and planning structure of club-type leisure institutions]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 34–48.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-34-48

Досуг всегда был важной частью человеческой повседневности. Он воспринимался не только как время для отдыха и восстановления сил, но и как возможность для коммуникации с людьми и культурного развития. В связи с этим понятие досуговой архитектуры весьма разнообразно. Достаточно долго существуют учреждения для реализации перечисленных досуговых потребностей без какой-то строгой функциональной направленности. Например, в Античность такими учреждениями в некотором плане можно назвать греческие агору, гимнасии или римские термы. В Средневековье данным характеристикам для высшего общества обладали замки феодалов или загородные резиденции [1]. Продолжением развития описанных учреждений часто считают клубы, понятие о которых также весьма изменилось с течением времени.

Клубы как вид досуговых учреждений зародились еще в XVII в. в Лондоне (Англия) [2]. Их прототипами можно назвать дворцы, сады удовольствий как место времяпрепровождения для знати; таверны, кофейни для более «простых» слоев населения, при этом развитие перечисленных учреждений продолжалось параллельно с клубными заведениями, и в некотором плане они уже на первых этапах соответствовали набору функций клубного здания. Например, сады удовольствий были не только местом прогулок, но и местом для концертов и спектаклей [3]. То есть упрощенно эти учреждения можно охарактеризовать как места для увеселений и разнообразия досуга: пиров, застолий, танцев, маскарадов, общения, музыки и театральных представлений. Часть этой деятельности нашла свое воплощение и в первых клубах.

Первые клубы можно назвать скорее организациями для совместного проведения досуга между знакомыми людьми, без архитектурного воплощения. В конце XVIII в. Сэмюэль Джонсон определил значение клуба как «собрание добрых друзей, объединившихся на известных условиях» [4]. Исходя из этого определения, можно сказать, что функциональная направленность клубов зависела от предпочтений группы, входящей в них. Чаще всего можно выделить такие занятия, как чтение, полемика, застолья, азартные игры.

С позиции архитектурного объема первые клубы находились в тавернах, кофейнях, но уже в XVIII в. с ростом популярности потребовали собственного архитектурного осмысления. Так как клуб по сути являлся в то время вторым домом и развлечения по типу музыкальных представлений не входили в него изначально [5], то в целом функционально-планировочная структура зданий того времени достаточно близка к домашнему быту аристократии с камином, кухней, столовой. Некоторые клубы создавались исходя из интереса к какому-либо виду деятельности участников, или связь между членами заключалась в принадлежности к одному и тому же подразделению вооруженных сил, одной и той же школе или университету. В зависимости от этого формировалось их функциональное наполнение. Не последнюю роль играла азартная составляющая. Так, клуб «Будлс» появился во многом по инициативе Ричарда Смита, заядлого игрока, который должен был привлечь посетителей именно этим аспектом [6].

В течение XVIII в. происходит бурное развитие клубной архитектуры, и уже можно говорить о формировании характерных черт данных учреждений. Анализируя функционально-планировочную структуру двух клубов того времени («Будлс» (Boodle's), «Вайтс» (White's)), можно выделить несколько основных зон (рис. 1):

- комнаты для употребления пищи (столовые, обеденные комнаты, кофейни);
- комнаты для развлечений (бары, салоны, бильярдные);
- обслуживающе-вспомогательные (кухни, холлы).

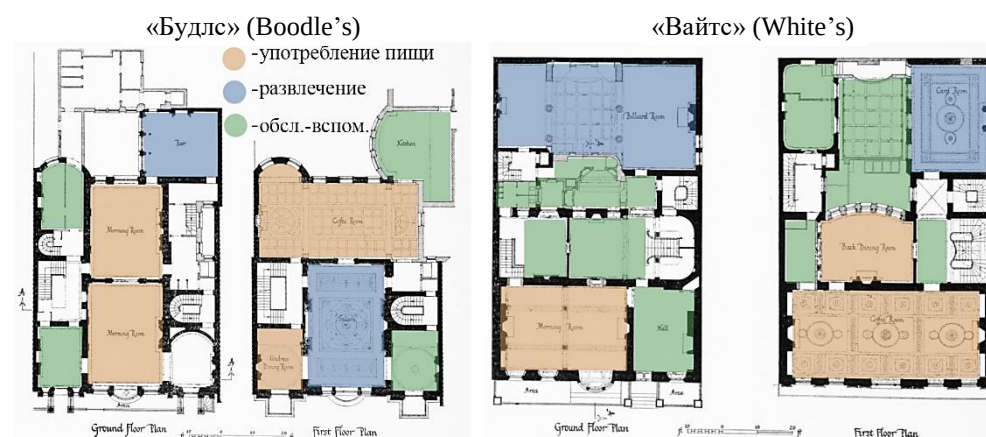


Рис. 1. Пример функционально-планировочной структуры первых английских клубов

Планировку можно охарактеризовать комбинированным типом (ячеико-анфиладным), комнаты имеют приблизительно равные объемы без выделения какого-то явного ядра. Коммуникация между ними происходит напрямую, иногда встречаются холлы как распределительные пространства между различными комнатами. Такая планировка не диктовала посетителям какой-либо конкретный вид досуга или сценарий поведения в здании, давая возможность выбирать в зависимости от предпочтений. Также стоит отметить, что главные развлекательные помещения располагались на втором этаже, в то время как первый больше отдавался для обслуживающих. Несмотря на некоторые общие характерные черты первых клубов, они не имели обязательной структуры. «Каждый клуб немного отличался от другого» [5]. Могли появляться кабинеты, библиотеки, места для сна.

В течение XVIII–XIX вв. происходит развитие клубов в структурном плане и их распространение в мире, в первую очередь в Европе и в местах Британского влияния (колонии, США). В России клубы также становились популярным местом, изначально занимали места в приспособленных для этого зданиях и ориентировались на английские клубы, позже эволюционировали в свой тип здания – дворянские собрания, благородные собрания и являлись местами проведения досуга для высших слоев населения [4, 7]. В отличие от английских клубов, важной частью российских дворянских собраний было место для проведения балов, концертов, различных мероприятий [7], что внесло свой вклад и в функционально-планировочную структуру: появляются крупные доминирующие пространства. Так, Колонный зал Дома Благородного собрания (Москва) (рис. 2) был популярным местом для проведения концертов, там выступали П.И. Чайковский, Н.А. Римский-Корсаков и др. [8].

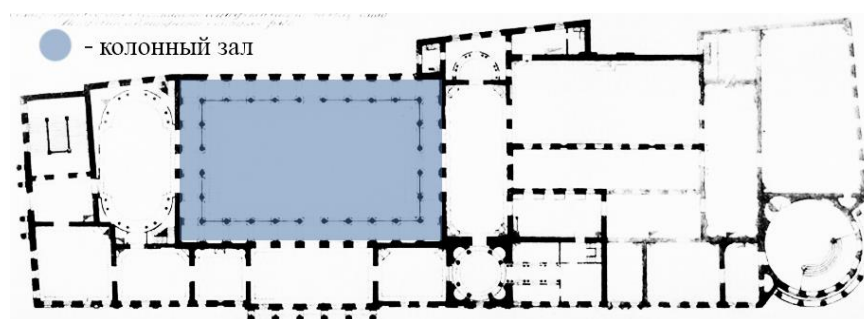


Рис. 2. План Дома Благородного собрания. Пример первых учреждений клубного типа в России

Из плана видно, что Колонный зал доминирует в размерах и занимает центральное положение в структуре Дома Благородного собрания. Похожее решения можно встретить во многих зданиях этого типа в России XIX в. Например, центральный зал предусматривался в здании Дворянского собрания в Санкт-Петербурге [2].

Помимо привилегированных «джентльменских клубов» уже в XIX в. начинают возникать различные общественные организации. Местом образования данных организаций, так же как и в некоторой степени клубов, можно

назвать питейные заведения, таверны, т. к. именно там на протяжении долгого времени люди проводили свое свободное время.

В 1862 г. Генри Соли создал мужской рабочий клуб, целью которого была защита интересов пролетария. Также он был известным трезвенником того времени и поэтому считал необходимым создание пространств для досуга в обход питейных заведений [9]. В дальнейшем основным местом развития подобных организаций были США, где появились первые общественные центры (комьюнити-центры) в конце XIX в., позже получившие распространение и в Европе. Изначальным местом функционирования таких организаций выступали существующие пространства: школы, общественные парки, но уже в XX в. они получают свой архитектурный объем [10]. Важным моментом для подобных объединений становится возможность выражать свои идеи среди участников организации, главенствующая роль отводится пространствам для общественных собраний, а следовательно, и крупным залам со сценой или трибуной.

Если говорить о российском опыте, то уже в XIX в. как аналог дворянским собраниям возникают купеческие клубы, которые во многом в планировочном плане ориентируются на здания дворянских собраний с местами для балов, ресторанами. Чаще всего они довольствовались съемными зданиями и приспособляли их для своих нужд [7].

Параллельно еще с 1880-х гг. активно развиваются народные дома как культурно-просветительские организации, чаще с инициативы и поддержки различных меценатов [11]. Просветительская функция накладывает свой отпечаток и на функционально-планировочную структуру. При анализе типового проекта народного дома (рис. 3) можно выделить несколько зон [12]:

- культурно-просветительскую (аудитории, читальни);
- коммерческо-развлекательную (зрительный зал, чайная, магазин);
- хозяйственно-обслуживающую (сторожевая, книгохранилище).

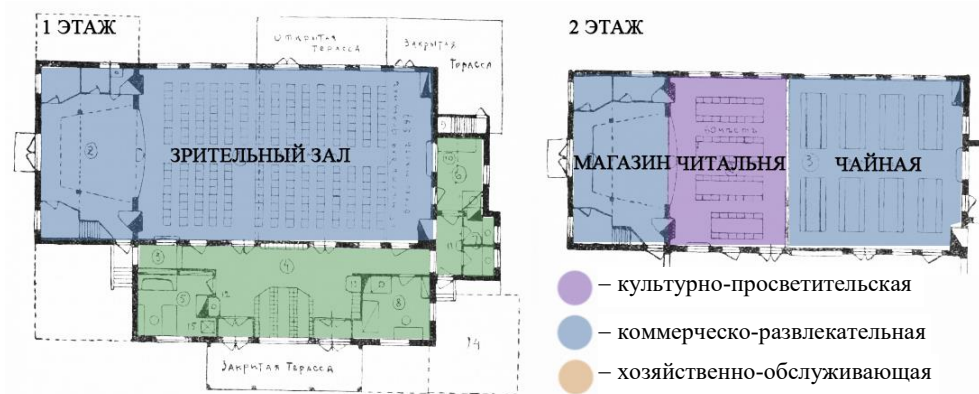


Рис. 3. Функционально-планировочная схема типового проекта народного дома

При этом зрительный зал занимает наиболее внушительные объемы и часто располагается как ядро композиции, в дальнейшем в отечественной архитектуре тенденция по увеличению значения демонстрационно-зрительной составляющей будет усиливаться.

Некоторые проекты крупных народных домов выделяют развлекательную функцию в своей структуре, помимо театральных зон, добавлялись буфеты, столовые, которые пользовались популярностью среди бедных слоев населения из-за относительной дешевизны [13].

Эти народные дома послужили прототипом рабочих клубов первых послереволюционных лет. Именно советский период окончательно сформировал понятие клубной архитектуры в современном понимании как общественного здания для культурно-досуговой деятельности.

Первые годы советской власти можно охарактеризовать повышением интереса к общественным зданиям, в том числе и к народным домам как прототипам будущих клубов. Начинают активно проводиться конкурсы на проекты новых народных домов.

Также стоит учитывать, что клубы, как и за границей комьюнити-центры, в 1920-е гг. воспринимаются как важная политическая платформа, место пропаганды и агитации. В планировочной структуре они весьма близки к типовым народным домам с доминирующим зрительным залом, который и является местом для перечисленных целей. Но остается и некий вид просветительской функции, которая воплощается в кружковой деятельности. Выделяются две главные функции рабочего клуба и, как следствие, две планировочные зоны [14]:

- для массовой работы, требующие крупного помещения;
- помещения для работы различных кружков.

В планировочной структуре именно первое часто выглядит ядром композиции – зрительный зал, для прослушивания партийных выступлений, театральных постановок, просмотров фильмов.

Для наглядности можно проанализировать два знаковых проекта того времени: клуб им. Зуева (Голосов И., 1929 г.) и клуб «Буревестник» (Мельников К., 1930 г.), оба расположены в Москве (рис. 4).

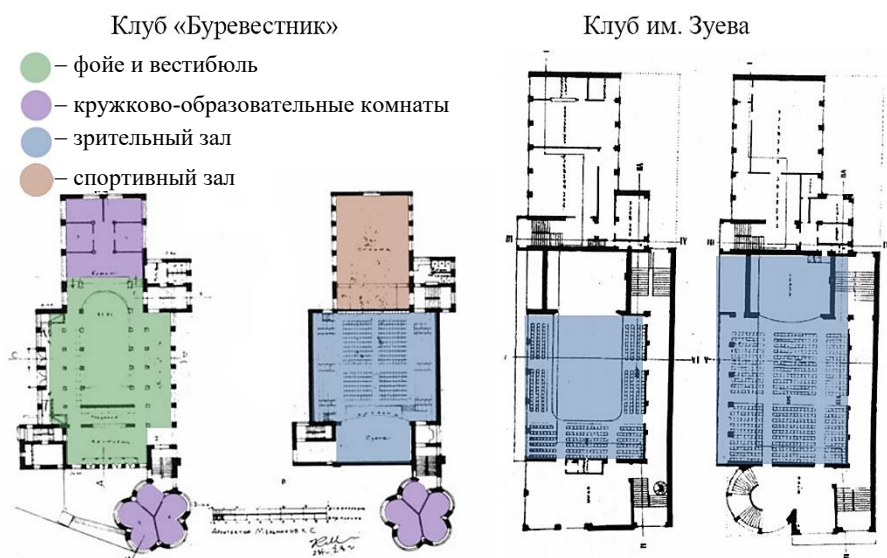


Рис. 4. Планы первых рабочих клубов с выделенными функциональными зонами

Главенствующую роль в планировочной структуре занимают зрительные залы, которые расположены на верхних этажах. Это в некоторой степени роднит их с решениями английских клубов, где главные развлекательные помещения часто занимали именно верхние этажи. Стоит учесть, что анализ функционально-планировочной структуры представлен упрощенно, а также то, что некоторые идеи авторов не были воплощены в итоговых проектах.

Первый этаж клуба «Буревестник» занят фойе, вестибюлем и гардеробом, а также пятью кружковыми комнатами. Второй этаж включает зрительный зал и зал для занятия физкультурой. Третий этаж занимают помещения для переодевания. Пристройка в виде башни имеет четыре этажа и занята буфетом, школьной комнатой, читальней и библиотекой [15]. Доминирование фойе на первом этаже вызвано изначальной задумкой архитектора, с помощью раздвижного пола оно должно было трансформироваться в плавательный бассейн, при реализации от этой идеи отказались.

Уже тогда в проектах К. Мельникова фигурировали идеи «трансформируемого пространства», которые он планировал реализовать с помощью «живых стен». Однако воплотить это не удалось в связи с технической невозможностью осуществления проекта (хотя в 1929 г. инженер Н.И. Губин представил вариант реализации данной задумки), а также из-за значительного повышения его стоимости [14]. Из этой идеи формировалась еще одна – универсальные, многофункциональные залы. Помимо рассмотренного клуба фабрики «Буревестник», можно выделить еще несколько примеров работ архитектора с применением инновационных идей, которые должны были повлиять на функционально-планировочную структуру: клуб Дорхимзавода имени М.С. Фрунзе, зрительный зал которого должен был увеличиваться за счет расположенного под бельэтажем клубного помещения, а сам зал должен был иметь возможность делиться с помощью подъемных стен [16]; клуб фабрики «Свобода», в котором центральный зал должен был разделяться на 2 более мелких объема [15].

В клубе им. Зуева в планировке важное место занимает спиралевидная лестница, заключенная в стеклянный цилиндр. Она выступает главной составляющей в объемной композиции здания. В целом такое композиционное построение характерно для архитектора И. Голосова, разработавшего «Теорию построения архитектурных организмов», которая включала в себя идеи доминирующих объемов, активных вертикальных осей, асимметрии фасадов [17]. Лестница ведет в большой зрительный зал, т. е. является одним из главных коммуникационных путей. Здание также включало в себя малый зрительный зал, кружковые комнаты, крупные фойе, столовую. Отсутствие физкультурного зала стало моментом критики функциональной наполненности объекта [15], что также важно для понимания представления о функционально-планировочной структуре клуба того времени.

То есть можно выделить следующее функциональное отличие от народных домов: исключение коммерческой составляющей, уменьшение или исключение зоны общественного питания, включение спортивных зон.

Помимо рабочих клубов при заводах и фабриках, на первых этапах советской власти возникали идеи строительства крупных дворцов культуры го-

родского значения. По масштабам конкурсных проектов можно понять значимость этого направления в советской архитектуре, например Дворец труда в Москве, Дворец рабочих в Петрограде [16]. Несмотря на разнообразие конкурсных проектов в стилистическом плане и с позиции формообразования, общая структура сохраняет за собой главенство зрительного зала, а в целом они разрабатывались как многофункциональные пространства с лекционными залами, оранжереями, внутренними дворами.

Эти тенденции по возрастанию роли клубных зданий привели к формированию новых функционально-планировочных идей к концу 20-х гг. прошлого столетия. Например, идеи И. Леонидова «клубов нового социального типа» [18] предусматривали разработку целого комплекса, который включал в себя: ботанический сад (с бассейном, выставочными зонами, площадками для спортивных игр, демонстрационными зонами); закрытый зал для демонстраций (кино, планетария, собраний); библиотеку; лаборатории; поле для крупных демонстраций; закрытый спортивный зал; спортивные площадки; детский павильон; парковую зону. Несмотря на то что проекты не были реализованы, они оказали значительное влияние на архитектуру XX в. в этом направлении. Поэтому дальнейшее развитие с функционально-планировочной точки зрения в советской архитектуре можно разделить на два основных направления:

- формирования типовой архитектуры домов культуры;
- создание крупных многофункциональных комплексов.

Первый путь развития оставлял доминирование демонстрационно-зрительной составляющей, по аналогии с уже описанными клубными зданиями, например Дворец культуры Ростсельмаш (Ростов-на-Дону), Дворец культуры им. В.И. Ленина (Волгоград). Стоит отметить, что под «типовыми» в данном контексте подразумевается функционально-планировочная среда, а не стилистические решения. Достаточно часто под дворцы культуры переоборудовались уже существующие здания.

Подобная архитектура продолжала свое развитие вплоть до 1990-х гг. Помимо домов культуры появлялись дворцы пионеров, дома молодежи, дворцы трудящихся и т. д. Несмотря на отличие отдельных частей всех этих сооружений, общая структура оставалась той же: зрительный зал, кружковые зоны. Со временем это привело к вырождению клубной деятельности в ее исходном понимании как место встреч и обсуждений, а больше использовалось для театральных представлений, проведения концертной деятельности. Стоит также отметить, что требования к организации клубных зданий можно встретить уже в 1920-е гг. [15], однако именно в последующие годы наблюдается увеличение числа проектов со сходной функционально-планировочной структурой и уход от каких-либо технических или планировочных новшеств, что и позволяет говорить о типизации.

Второй путь развития чаще получал свое воплощение в крупных городах. Подобные комплексы выступали как центры культуры на уровне области, республики или всей страны. Например, Дворец пионеров на Воробьевых горах. Построенный в 1962 г. (идея так и не была воплощена до конца), объект стал одним из важнейших примеров модернизма в мире. В нем можно заметить некую схожесть с принципами проектирования И. Леонидова: о размещении

объекта в парковой структуре, отдаленно от основных магистралей, о полифункциональности объекта. Генеральному плану территории придавалось большое значение в композиционном и функциональном плане. Были выделены зоны для пионерского костра, организована зона озеленения [19]. Главное здание имеет анфиладное решение. Корпуса располагаются вдоль длинного коридора, который выступает общественным пространством для социального взаимодействия посетителей. Помимо седьмого корпуса, который отдан под концертный зал, остальные занимают различные лаборатории, помещения кружков. То есть зрительной части отдается незначительное место, что является не характерным для того времени.

Несмотря на направленность на более раннюю возрастную группу, данный объект интересен с позиции продуманности для пользователей комплекса, отталкивающейся от запросов в конкретный исторический период определённой группы населения.

Другой пример – Дом молодежи в Ереване, который включал в себя зал бракосочетаний и 14-этажную гостиницу, концертный зал на 1200 мест, выставочные помещения, музей, бассейны, рестораны, бары, кафе [20]. Местоположение в городской структуре, на возвышенности, предполагало возможность обозревать объект с разных точек. Поэтому можно сказать, что на функционально-планировочную структуру всего комплекса оказывали большое влияние аспекты формообразования. В 2005 г. было принято решение о демонтаже данного здания. Можно встретить и другие примеры не востребуемости таких крупных комплексов на современном этапе, например демонтаж Ленинградского дома молодежи.

Развитие специфичных организаций в этот период, по типу клубов по интересам, обычно происходило на базе существующих зданий, а само пространство зависело от специфики деятельности.

Если говорить о зарубежном опыте развития клубной архитектуры, то оно имело некоторые различия с советской архитектурой и сильно зависело от региона. Так, во Франции формируется местная федерация домов молодежи, которая разрабатывает разделение их на большие (включал в себя зал для встреч, мастерские, универсальный зал для собраний и занятий спортом, библиотеку и административную часть) и малые (мастерские, библиотека, универсальный зал) [21]. К теме домов культуры обращались многие значимые архитекторы того времени, например Дом культуры Фирмини, Ле Корбюзье, 1965 г.

Если дать более общую упрощенную характеристику развития клубной архитектуры в течение XX в. за рубежом, то:

- во-первых, деятельность «английских» клубов, рассмотренных в начале статьи, продолжается до сих пор, естественно, с некоторыми изменениями, особенно в плане гендерно-социальной уникальности участников;

- во-вторых, происходит дальнейшее развитие различных общественных центров, а также формирование новых типов архитектурных сооружений, например культурных и образовательных центров. Чаще всего подобные сооружения берут на себя роль и клубной деятельности, однако можно встретить преобладание демонстрационно-зрительных или выставочных функций.

Обращаясь к современному этапу развития как в отечественной, так и в зарубежной практике, общемировой тенденцией можно назвать создание многофункциональных пространств с различным набором функций, в том числе и аналогом клубной деятельности. Культурные центры, креативные кластеры и даже музейные пространства заключают в себе функции, характерные для английских или рабочих клубов начала XX в. Например, музей «Гараж» включает в себя мастерские, место для кинопоказов и лекций, помещения для клубов по интересам. В связи с этим на современном этапе есть смысл рассматривать клубную деятельность не только как отдельные объекты в городской структуре, но и как пространства внутри крупных комплексов.

Однако важно отметить, что клубная архитектура продолжает свое развитие и как отдельные объекты. Встречаются примеры, близкие по функциональной структуре к рассмотренным примерам XX в. Например, Молодёжно-досуговый центр в Санкт-Петербурге по проекту А. Столярчука, построенный в 2014 г. [22], также выделяет ядром композиции зрительный зал, также предполагает различные помещения для кружковой деятельности и крупный холл, который можно использовать как выставочное пространство.

Но можно найти примеры, которые полностью отказываются от крупных зрительных залов в пользу небольших пространств, используемых как мастерские, для деятельности кружков, зоны общения, выставочные пространства. При анализе подобных современных объектов можно условно выделить следующие зоны:

- коммуникационная (гостиная, кухня, столовая, парковые зоны или внутренние дворики);
- образовательная (аудитории, мастерские, кружки);
- дополнительная (спортивная, демонстрационно-зрительная);
- универсальная (может выполнять функции любой из перечисленных зон, в зависимости от потребностей в конкретный момент).

Рассмотрим образовательный парк «Райзес» (Raíces) (Гуатапе, Колумбия, 2015 г.) [23] (рис. 5).

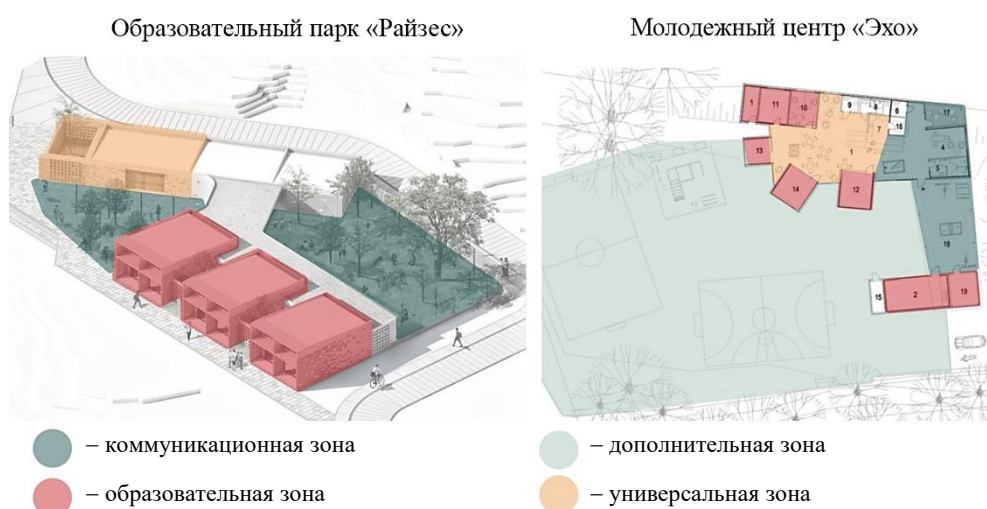


Рис. 5. Функциональное зонирование современных клубных учреждений

Парковое пространство выступает как планировочное ядро и распределительный центр комплекса. Вокруг расположены павильоны, объединённые навесом-галереей, с возможностью открыть их парку (одна из стен является воротами). Основные функции павильона: классы для обучения, мастерские; парк также является коммуникационным пространством с местами для отдыха.

В молодежном центре «Эхо» (Echo) (Грац, Австрия, 2017 г.) [24] (рис. 5) открытая крупная входная площадка выступает зоной отдыха и первым объединяющим пространством, к ней примыкают главное здание и мастерские. Спортивные площадки находятся возле здания, образуя с ним единый комплекс. Главный элемент самого здания – крупный открытый центральный зал для встреч и бесед, к нему прилегает ряд второстепенных помещений для занятий по интересам.

В завершение можно выделить несколько этапов развития архитектуры досуговых учреждений клубного типа, исходя из проведенного исследования. Одни из этих этапов происходили в одно время, другие продолжают свое развитие и сейчас.

1. Зарождение клубной архитектуры. Появление первых английских джентльменских клубов как отдельных архитектурных объектов в конце XVII – начале XVIII в. Для них характерно следующее: отсутствие выраженных функциональных доминант и развлекательный характер.

2. Развитие английских клубов в России для высших сословий и их трансформация в новый тип объектов – дворянские собрания в XVIII в. Появление крупных «главных» залов, первое проявление демонстрационно-зрительных функций в клубе.

3. Развитие культурно-просветительских объектов во второй половине XIX – начале XX в. В России примером этого этапа могут выступить народные дома. Начало – доминирование в планировочной структуре зрительных залов, но также направленность на просветительскую деятельность (классы, библиотеки) и развлечения (чайные).

4. Развитие досуговых объектов культурно-агитационного характера в первой половине XX в. Рабочие клубы как главный элемент новой досуговой архитектуры с двумя главными функциональными частями: для массовой деятельности (зрительный зал) и для кружковой деятельности.

5. Доминирование демонстрационной деятельности объекта в течение XX в. Дома культуры и подобные им объекты, которые выступали преемниками рабочих клубов. В целом перенимая их структуру, они все более усиливали доминирование демонстрационной функции.

6. Развитие полифункциональных комплексов. Первые идеи возникли практически одновременно с рабочими клубами, однако наиболее яркое архитектурное воплощение получили во второй половине XX в.

7. Для современного этапа (XXI в.) намного сложнее выделить какой-либо преобладающий тип. Продолжается развитие клубов с демонстрационной направленностью, но также можно встретить клубные заведения в составе комплексов (современные креативные кластеры, арт-пространства, культурные центры и т. д.), места, направленные на развитие уровня культуры и обра-

зования или для коммуникации и социального взаимодействия (современные молодежные центры, образовательные центры, комьюнити-центры и т. д.).

Таким образом, рассмотренные этапы показывают, насколько разнообразно понятие клубной архитектуры. Несмотря на некоторые метаморфозы функционально-планировочной структуры клубных объектов, их общая задача – создание условий для проведения досуга – оставалась прежней. Анализ социальных и политических потребностей населения на разных этапах позволяет понять, чем обусловлено такое широкое разнообразие объектов клубного типа в течение исторического процесса. Учет этих потребностей на современном этапе может позволить сформировать необходимую досуговую клубную архитектуру, отвечающую современным запросам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нагаева З.С., Мосякин Д.С. Актуальность создания системы молодежных центров // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 13 (65). С. 35–45.
2. Андреева Д.В., Ивлева О.Т. Эволюция архитектуры столичных клубов Англии и России на рубеже XVII–XIX вв. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021 № 1. С. 46–57. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-46-57
3. Pilcher D. Leisure as an architectural problem, Essays // The Architectural Review London. 1938. Republished in 2017. P. 233–242. URL: <https://www.architectural-review.com/essays/leisure-as-an-architectural-problem> (дата обращения: 11.01.2022).
4. Торишина А.В. Эволюция понятия «клубная деятельность» в историко-педагогическом процессе // Аспекты и тенденции педагогической науки : материалы II Междунар. науч. конф. Санкт-Петербург : Свое издательство, 2017. С. 10–13. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/216/12645/> (дата обращения: 11.01.2022).
5. Milne-Smith A. Flight to Domesticity? Making a Home in the Gentlemen's Clubs of London, 1880–1914 // The Journal of British Studies. 2012. P. 796–818. DOI: 10.1086/505958
6. St. James's Street, East Side, in Survey of London: Volumes 29 and 30, St James Westminster, Part 1 / Sheppard FHW (Ed). London, 1960. P. 433–458. URL: <https://www.british-history.ac.uk/survey-london/vols29-30/pt1/pp433-458> (дата обращения: 11.01.2022).
7. Надырова Д.А. Многофункциональные досуговые комплексы Казани середины XIX – начала XX в. // Известия КГАСУ. 2017. № 4 (42). С. 32–40.
8. Мясников А.Л. 100 великих достопримечательностей Москвы. Москва : Вече, 2014. 320 с.
9. Smith M.K. Henry Solly and the Working Men's Club and Institute Union // The encyclopedia of pedagogy and informal education. 2001. URL: <https://infed.org/mobi/henry-solly-and-the-working-mens-club-and-institute-union/> (дата обращения: 13.01.2022).
10. Smith M.K. Community centres (centers) and associations // The encyclopedia of pedagogy and informal education. 2002. URL: <https://infed.org/mobi/community-centers-and-associations/> (дата обращения: 13.01.2022).
11. Воробьев А.Ю. От Народного дома к рабочему клубу, Дворцу культуры и театру массового действия: тенденции эволюции многофункционального комплекса в России первой трети XX века // Academia. Архитектура и строительство. 2012. № 2. С. 33–37.
12. Богомолов А.А. Народные дома как культурно-просветительные центры. Часть 2. Народный дом, организация управления им, постройка здания, литература о народных домах и работе в них. Харьков : «Союз» Харьковского Кредитного Союза Кооперативов, 1918. 199 с.
13. Попов Д.И. Народные дома в России в начале XX в. // Вестник Омского университета. Серия «Исторические науки». 2019. № 3 (23). С. 97–105. DOI: 10.25513/2312-1300.2019.3.97-105
14. Лухманов Н.В. Архитектура клуба. Москва : Теакинопечат, 1930. 103 с.

15. Аранович, Д.М., Аркин Д.Е. и др. Архитектура клубного здания. 10 рабочих клубов Москвы / под ред. В.С. Кеменова ; Государственная академия искусствознания. Москва ; Ленинград : ОГИЗ : ИЗОГИЗ, 1932. 108 с.
16. Хан-Магомедов С.О. Архитектура советского авангарда. В 2 книгах. Москва : Стройиздат, 2001. 712 с.
17. Есаков Д., Куликов С. Клуб имени Зуева в Москве, знаменитая постройка Ильи Голосова – в фотографиях Дениса Есакова с комментарием историка архитектуры Сергея Куликова // Archi.ru. 2016. URL: <https://archi.ru/russia/70752/klub-imeni-zueva> (дата обращения: 13.01.2022).
18. Леонидов, И.И. Проект клуба нового социального типа // Современная архитектура. 1929. № 3. С. 105–111. URL: <http://tehne.com/event/arhivsyachina/arhiv-sa-proekt-kluba-novogo-socialnogo-tipa-1929> (дата обращения: 15.01.2022).
19. Егоров В., Кубасов В. и др. Московский Дворец пионеров. Москва : Стройиздат, 1964. 102 с.
20. Бальян К. Дом молодежи. Москва : TATLIN, 2019. URL: https://tatlin.ru/articles/dom_molodezhi (дата обращения: 15.01.2022).
21. Усманов М.С. Функционально-планировочная организация учреждений досуга молодежи в крупнейших городах. Том 1 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры : 18.00.02. Ташкент, 1985. 154 с.
22. Бембель И. Архитектура для молодёжи // Archi.ru. 2016. URL: <https://archi.ru/russia/70200/arkhitektura-dlya-molodozhi> (дата обращения: 17.01.2022).
23. Raices Educational Park. Taller Piloto Arquitectos // ArchDaily. 2017. URL: https://www.archdaily.com/870235/raices-educational-park-taller-piloto-arquitectos?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (дата обращения: 17.01.2022).
24. Jugendzentrum Echo. Puerstl langmaier architekten // ArchDaily. 2018 URL: https://www.archdaily.com/895716/jugendzentrum-echo-puerstl-langmaier-architekten?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (дата обращения: 17.01.2022).

REFERENCES

1. Nagaeva Z.S., Mosyakin D.S. Aktual'nost' sozdaniya sistemy molodezhnykh tsentrov [The relevance of creating a system of youth centers]. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*. 2018. No. 13 (65). Pp. 35–45. (rus)
2. Andreeva D.V., Ivleva O.T. Evolyutsiya arkhitektury stolichnykh klubov Anglii i Rossii na rubezhe XVII-XIX vv. [The architecture evolution of capital clubs in England and Russia in the 17–19th centuries]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2021. No. 1. Pp. 46–57. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-46-57 (rus)
3. Pilcher D. Leisure as an architectural problem, Essays. The Architectural Review London. 1938. Republished in 2017. Pp. 233–242. Available: www.architectural-review.com/essays/leisure-as-an-architectural-problem (accessed January 11, 2022)
4. Torshina A.V. Evolyutsiya ponyatiya "klubnaya deyatel'nost'" v istoriko-pedagogicheskom protsesse [Evolution of the concept of "club activity" in the historical and pedagogical process]. In: *Materialy II Mezhdunar. nauch. Konf "Aspekty i tendentsii pedagogicheskoi nauki"* (Proc. 2th Int. Sci. Conf. "Aspects and Trends of Pedagogy"). Saint-Petersburg: Svoe izdatel'stvo, 2017. Pp. 10–13. Available: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/216/12645/> (accessed January 11, 2022)
5. Milne-Smith A. Flight to Domesticity? Making a Home in the Gentlemen's Clubs of London, 1880–1914. *The Journal of British Studies*. 2012. Pp. 796–818. DOI: 10.1086/505958
6. Sheppard F.H.W. (Ed). St. James's Street, East Side', in Survey of London. V. 29, 30. St. James Westminster, Part 1. London. 1960. Pp. 433–458. Available: www.british-history.ac.uk/survey-london/vols29-30/pt1/pp433-458 (accessed 11 January 2022).
7. Nadyrova D.A. Mnogofunktsional'nye dosugovye komplekсы Kazani serediny XIX – nachala XX vv. [Multifunctional leisure complexes of Kazan in the middle of the 19th and early 20th centuries]. *Izvestiya KGASU*. 2017. No. 4 (42). Pp. 32–40. (rus)
8. Myasnikov A.L. 100 velikikh dostoprimechatel'nostei Moskvy [100 great sights of Moscow]. Moscow: Veche, 2014. 320 p. (rus)

9. Smith M.K. Henry Solly and the Working Men's Club and Institute Union. The encyclopedia of pedagogy and informal education, 2001. Available: <https://infed.org/mobi/henry-solly-and-the-working-mens-club-and-institute-union/> (accessed January 13, 2022)
10. Smith M.K. Community centres (centers) and associations. The encyclopedia of pedagogy and informal education, 2002. Available: <https://infed.org/mobi/community-centers-and-associations/> (accessed January 13, 2022)
11. Vorob'ev A.Yu. Ot Narodnogo doma k rabochemu klubu, Dvortsu kul'tury i teatru massovogo deistva: tendentsii evolyutsii mnogofunktsional'nogo kompleksa v Rossii pervoi treti XX veka [From the People's House to the Workers' Club, Palace of Culture and Theater of Mass Action: Evolution trends of multifunctional complex in Russia in the 20th century]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2012. No. 2. Pp. 33–37 (rus)
12. Bogomolov A.A. Narodnye Doma kak kul'turno-prosvetitel'nye tsentry. Chast' 2. Narodnyi Dom, organizatsiya upravleniya im, postroika zdaniya, literatura o Narodnykh Domakh i rabote v nikh [People's Houses as cultural and educational centers. Part 2. People's House, organization of its management, construction, literature about People's Houses]. Kharkiv: "Soyuz" Khar'kovskogo Kreditnogo Soyuza Kooperativov, 1918. 199 p. (rus)
13. Popov D. Narodnye doma v Rossii v nachale XX v. [People's Houses in Russia early in the 20th century]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya Istoricheskie nauki*. 2019. No. 3 (23). Pp. 97–105. DOI: 10.25513/2312-1300.2019.3.97-105 (rus)
14. Lukhmanov N.V. Arkhitektura kluba [Club architecture]. Moscow: Teakinopechat', 1930. 103 p. (rus)
15. Aranovich, D.M., Arkin D.E., et al. Arkhitektura klubnogo zdaniya. 10 rabochikh klubov Moskvy. Gosudarstvennaya akademiya iskusstvovznaniya [Club building architecture. 10 working clubs in Moscow. State Academy of Art Studies]. V.S. Kemenov, ed., Moscow; Leningrad, 1932. 108 p. (rus)
16. Khan-Magomedov S.O. Arkhitektura sovetskogo avangarda v 2 knigakh [Architecture of the Soviet avant-garde in 2 books]. Moscow: Stroizdat, 2001. 712 p. (rus)
17. Klub imeni Zueva v Moskve, znamenitaya postroika Il'i Golosova – v fotografiyakh Denisa Esakova s kommentariem istorika arkhitektury Sergeya Kulikova [Zuev Club in Moscow, famous building of Ilya Golosov in photos by Denis Esakov with comments by Sergei Kulikov, architectural historian]. Available: <https://archi.ru/russia/70752/klub-imeni-zueva> (accessed January 13, 2022) (rus)
18. Leonidov I.I. Proekt kluba novogo sotsial'nogo tipa [Project of a new type of social club]. *Sovremennaya arkhitektura*. 1929. No. 3. Pp. 105–111 Available: <http://tehne.com/event/arhivsiya-china/arhiv-sa-proekt-kluba-novogo-socialnogo-tipa-1929> (accessed January 15, 2022) (rus)
19. Egerev V., Kubasov V., et al. Moskovskii Dvorets pionerov [Moscow Palace of Pioneers]. Moscow: Stroizdat, 1964. 102 p. (rus)
20. Dom molodezhi [Youth House]. Available: https://tatlin.ru/articles/dom_molodezhi (accessed January 15, 2022) (rus)
21. Usmanov M.S. Funktsional'no-planirovochnaya organizatsiya uchrezhdenii dosuga molodezhi v krupneishikh gorodakh. Tom 1 [Funktsional'no-planirovochnaya organization uchrezhdenii dosuga molodezhi v krupneishikh gorodakh. PhD Thesis], vol. 1. Tashkent, 1985. 154 p. (rus)
22. Arkhitektura dlya molodezhi [Architecture for young people]. Available: <https://archi.ru/russia/70200/arkhitektura-dlya-molodozhi> (accessed January 17, 2022) (rus)
23. Raices Educational Park. Taller Piloto Arquitectos. Available: www.archdaily.com/870235/raices-educational-park-taller-piloto-arquitectos?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (accessed January 17, 2022)
24. Jugendzentrum Echo. Puerstl langmaier architekten. ArchDaily. Available: www.archdaily.com/895716/jugendzentrum-echo-puerstl-langmaier-architekten?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects (accessed January 17, 2022)

Сведения об авторах

Свечкарёв Егор Сергеевич, аспирант, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344002, г. Ростов-на-Дону, Будёновский пр., 39, egor_svechkar@mail.ru

Моргун Николай Анатольевич, канд. архитектуры, профессор, Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета, 344002, г. Ростов-на-Дону, Будёновский пр., 39, namorgun@sfedu.ru

Author Details

Egor S. Svechkar, Research Assistant, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, egor_svechkar@mail.ru

Nikolai A. Morgun, PhD, Professor, Southern Federal University, 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russia, namorgun@sfedu.ru

УДК 72.01

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-49-62

*А.Р. БОЧКАРЕВА, Е.Н. ЛИХАЧЕВ,
Новосибирский государственный университет
архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова*

АРХИТЕКТУРА МЕДИАОБЪЕКТОВ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. С появлением первой ЭВМ и началом цифровизации произошло значительное ускорение процесса возникновения новых функционально-планировочных типов медиаобъектов (архитектурных объектов и пространств, решающих задачи по обеспечению информационного обмена). Картина мира конца XX в. объединила в себе IT (информационные технологии) и новые подходы к проектированию медиаобъектов, архитектура которых отражает стремительные перемены в обществе, вызванные техническим прогрессом.

Тенденции развития медиаобъектов в конце XX в. привели к распространению multifunctional комплексов – медиацентров, функционально-планировочные типы которых на сегодняшний день находятся в процессе формирования. Аспекты проектирования и формирования медиацентров проявляют особенности меняющейся культурной парадигмы, отражая скорость технологического прогресса.

В статье рассматривается влияние быстроразвивающихся информационных технологий на эволюцию архитектуры медиаобъектов. Основными результатами являются разработка схемы-графика, иллюстрирующей процесс развития архитектурных типов медиаобъектов в контексте возникновения инновационных технологий, выявление архитектурных особенностей формирования зарубежных медиацентров.

Ключевые слова: архитектура медиаобъектов, медиацентр, медиатека, функционально-планировочные типы, информационные технологии, BIM

Для цитирования: Бочкарева А.Р., Лихачев Е.Н. Архитектура медиаобъектов в контексте развития информационных технологий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 49–62.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-49-62

*A.R. BOCHKAREVA, E.N. LIKHACHEV,
Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts*

ARCHITECTURE OF MEDIA OBJECTS IN TERMS OF THE IT DEVELOPMENT

Abstract. With the creation of the first computer and beginning of digitalization, the emergence of new functional and planning types of media objects have significantly accelerated. Here belong architectural objects and spaces that solve the problems of communication and information exchange processes. Combined IT and new design approaches to media objects appear by the end of the 20th century. Their architecture reflects a rapid change in the society caused by technological progress, economic and political factors.

The development trends of media objects late in the 20th century facilitated the development of multifunctional complexes such as media centers, functional and planning types of which are being currently developed. Design and formation of media centers exhibit a chang-

ing cultural paradigm, which reflects the technological progress. The article discusses the impact of rapidly developing information technologies on the architecture of media objects. The main results include the diagram of the evolution of architectural types of media objects in the context of IT and the formation of foreign media centers.

Keywords: architecture of media objects, media center, media library, functional planning types, information technologies, BIM

For citation: Bochkareva A.R., Likhachev E.N. Arkhitektura mediaob"ektov v kontekste razvitiya informatsionnykh tekhnologii [Architecture of media objects in terms of the IT development]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 49–62.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-49-62

Введение

Современный этап развития общества характеризуется переходом к парадигме, базирующейся на информационных ресурсах и знаниях как основных социокультурных ценностях. В архитектуре посредником между пользователем, участвующим в процессе коммуникационного обмена, и городской средой выступают медиаобъекты, представляющие собой совокупность архитектурных пространств информационного поля, основной функцией которых является осуществление деятельности, связанной с обменом информацией на различных уровнях. Их дальнейшее развитие требует осмысления подходов к их проектированию в контексте мирового опыта. Для этого в настоящей работе рассматривается процесс развития медиаобъектов в совокупности с эволюцией информационных технологий.

Существенный вклад в изучение архитектуры медиацентров внес Д.В. Кулиш в своем диссертационном исследовании «Архитектура медиацентров». Вопросам развития различных типов медиаобъектов и интеграции информационных технологий в их архитектуру посвящены работы: А.С. Вилковой, Т.Ю. Королевой (Исторический аспект формирования центров искусств), Т.Д. Рубановой (История библиотечного дела), Г.В. Есаулова («Умный» город в цифровой экономике) и др.

Результаты

Ретроспективный анализ развития медиаобъектов позволил установить, что их прототипы существовали еще в Древнем мире и прошли длинный эволюционный путь, который на всем своем протяжении служил отражением научного, технологического и культурного уровня развития общества. В эпоху научно-технической революции в конце XIX – первой половине XX в. появлялись новые типы информационных носителей, прототипы приобретали социальное значение, становились более доступными для пользователей. Начался их переход на следующий уровень – к медиаобъектам.

Увеличение темпа научно-технического прогресса и урбанизация способствовали вовлечению все большего количества людей в культурную жизнь города в первой половине XX в. Складывались медиаобъекты переходного уровня, связанные со сферами образования, науки, культуры и досуговой дея-

тельности, такие как дворцы культуры и дворцы пионеров в СССР, дома культуры во Франции, Центр современного искусства в Нью-Йорке и т. д. Например, в 1925–1927 гг. в Ленинграде был построен Дворец культуры имени А.М. Горького – первый центр просветительской работы с театральным залом и клубными пространствами. Дворец представлял собой многофункциональный комплекс, спроектированный в стилистике конструктивизма архитекторами А.И. Гегелло, Д.Л. Кричевским. В состав комплекса входили следующие планировочные элементы: зал для проведения мероприятий (постановок, концертов), помещения для клубной работы, кинофицируемый зрительный зал, библиотека-читальня, спортивный зал (рис. 1) [1]. В плане здание сформировано в виде симметричного объема, ось симметрии которого проходит через зрительный зал трапецевидной формы. Зал обрамляют два «крыла» с помещениями глубиной 10,65 м и коридором шириной 3 м. В прилегающих к залу помещениях в подвале, на первом и втором этажах располагаются служебные и технические помещения. Также на первом этаже размещен физкультурный зал, малый зрительный зал, кинозал и входные группы с вестибюлем. На втором этаже находится библиотека, а последние три этажа отведены под клубную функцию.

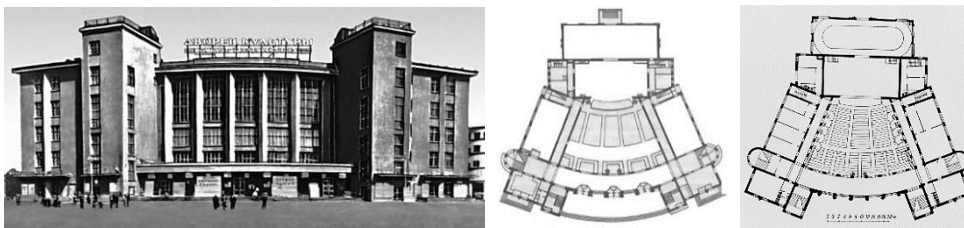


Рис. 1. Дворец культуры имени А.М. Горького в Ленинграде. Архитекторы А.И. Гегелло, Д.Л. Кричевский

Фасад центрального объема выполнен в виде витража, разделенного по горизонтали на пять частей, остальная часть лаконичная, глухая, без использования декоративных элементов.

Технические инновации, связанные с развитием технологий в сферах радиовещания, кинематографа и телевидения, стали предпосылкой для возникновения медиаобъектов коммерческого назначения – телецентров, радиостудий. В 1928 г. первая телевизионная станция WCFL впервые вышла в эфир Чикаго. В Москве в 1937 г. началось строительство телевизионных центров, в которых использовались электронные системы, а регулярное электронное вещание началось в 1939 г. при помощи передатчика, установленного на Шуховской башне [2].

Важным этапным событием в 40-х гг. XX в. стало представление миру ЭВМ, которая обладала свойствами современных компьютеров. Это событие стало одним из факторов, запустивших формирование технопарков, деятельность которых базировалась на IT-технологиях. К ним можно отнести, например, Стэнфордский исследовательский парк в США.

Развитие технологий порождало появление новых типов информационных носителей и периферийных устройств. Например, в 1957 г. было продемонстрировано устройство «Сенсорама», которое стало прообразом будущих VR-технологий, в 1960-е гг. получили распространение перфокарты. Первые ПК, имеющие графический интерфейс, возникли в 1973 г., что повлекло за собой появление компьютерных сообществ.

В 1962–1967 гг. в Японии архитектором Кензо Танге был спроектирован и построен один из значимых по замыслу центров СМИ – Центр прессы и радиокоммуникаций префектуры Яманаси (рис. 2). Центр представлял собой многофункциональный комплекс, в котором размещались теле-, радиостудии, редакции газет, типографии. Пространства группировались в соответствии с их функциональным назначением. На первом этаже размещались помещения типографии, студии находились на звукоизолированных верхних этажах, административный блок размещался на средних этажах, имеющих остекление. В объем здания «врезаны» 16 цилиндрических форм – «колонн», в которых расположены коммуникации и технические помещения. Особенностью здания было то, что оно было задумано как объект, способный «расти» при необходимости, т. к. часть пространства здания изначально была зарезервирована под новые функции для дальнейшего расширения [4].

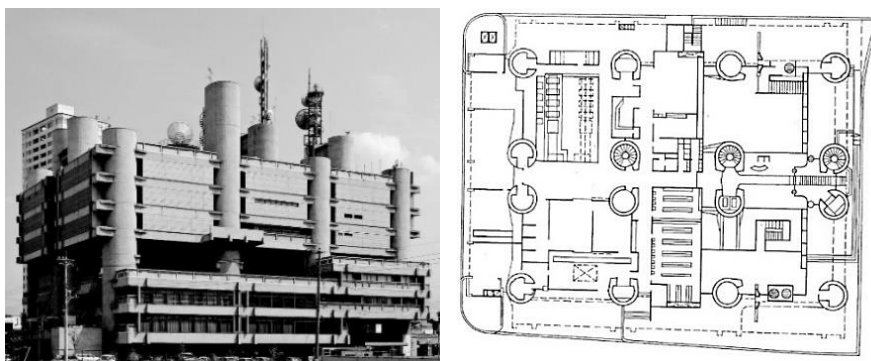


Рис. 2. Центр прессы и радиокоммуникаций префектуры Яманаси. Архитектор Кензо Танге

Основной парадигмой 1970–80-х гг. стала информационная эпоха, в которой объекты интеллектуальной собственности приобрели ведущее значение.

В 1977 г. произошло этапное событие в развитии медиаобъектов. В Париже по проекту архитекторов Ренцо Пьяно, Ричарда Роджерса и Джанфранко Франчини был открыт медиацентр¹ – Национальный центр искусства и культуры Жоржа Помпиду, представляющий собой многофункциональный общественный культурно-информационный комплекс (рис. 3). «Здание сформировано в соответствии с концепцией “культурной фабрики знаний” – полная доступность ко всем информационным ресурсам, открытость, многоцелевое функциональное наполнение – это критерии, которыми обладает данный центр.

¹ Медиацентр (media center) – учреждение, включающее комплекс выставочных и кино/видеозалов, студий, офисов медийных фирм, медиатеку и т. п. [3].

Типологически Центр Помпиду представляет собой центр культуры и искусства, в состав которого входят: Музей современного искусства, библиотека, Центр промышленного дизайна, Институт исследования и координации акустики и музыки, концертные и выставочные залы, несколько кинозалов. Объем здания представляет собой параллелепипед, облицованный стеклом, размерами в плане 166×60 м. Авторы, приняв во внимание стремительное развитие технологий, сочли нецелесообразным скрывать инженерные коммуникации внутри здания. Для того чтобы освободить максимум полезной площади, все лифты, эскалаторы, трубы и т. д. были вынесены на фасад здания снаружи» [5].

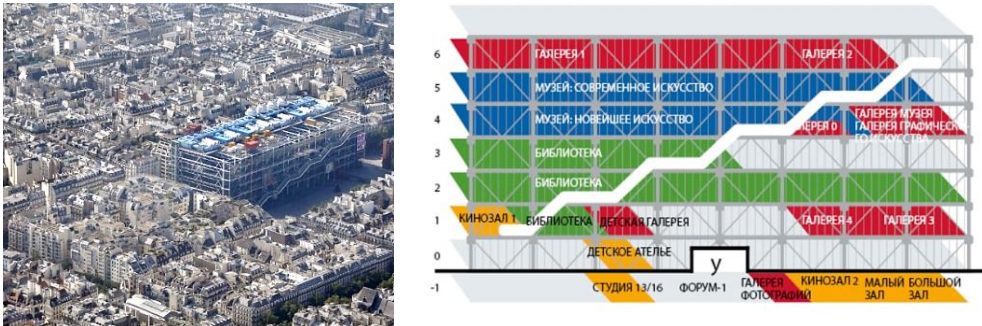


Рис. 3. Центр Жоржа Помпиду в Париже. Архитекторы Р. Пьяно, Р. Роджерс, Д. Франчини

Если в медиаобъектах их функциональное направление было сосредоточено на конкретных социальных задачах, как, например, в случае с библиотекой, либо наоборот, основой являлись технические функции, например, как в телестудии, то медиацентры поставили социальные функции на одну ступень с технологическими. В медиацентрах технологическое оснащение стало зависеть от потребностей пользователя, а пространство обеспечивало комфортную среду для его жизнедеятельности [6].

Для медиаобъектов актуальна цепочка, представленная на рис. 4.

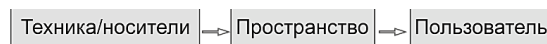


Рис. 4. Схема цепочки процессов в медиаобъекте

А в медиацентрах она имеет другой вид (рис. 5).

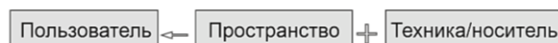


Рис. 5. Схема цепочки процессов в медиацентре

Скорость научно-технического прогресса последней четверти – конца XX в. происходила уже по экспоненте. Актуальная «цифровая» парадигма данного периода отмечена формированием новых функционально-планировочных типов медиацентров.

В 1979 г. в Париже был открыт парк Ла Виллет, медийные функции которого были размещены как отдельные элементы кластера в структуре ландшафтного парка. Архитектор Бернар Чуми предложил идею футуристического «активного» парка, который должен был изменить представление горожан о парках как о месте спокойной рекреации. Он предложил идею формирования ландшафта, отвергающего идею единой целевой направленности, разместив в его структуре различные тематические зоны отдыха и досуга, а также павильоны, музеи, кафе, спортивные объекты. Данным проектом автор поставил перед собой задачу доказать, что комплексную архитектурную организацию возможно сформировать, не используя традиционные композиционные правила [7]. Концепцией генерального плана парка послужило использование модульной сетки из каркасных точек, которые были дополнены линиями и плоскостями (рис. 6).

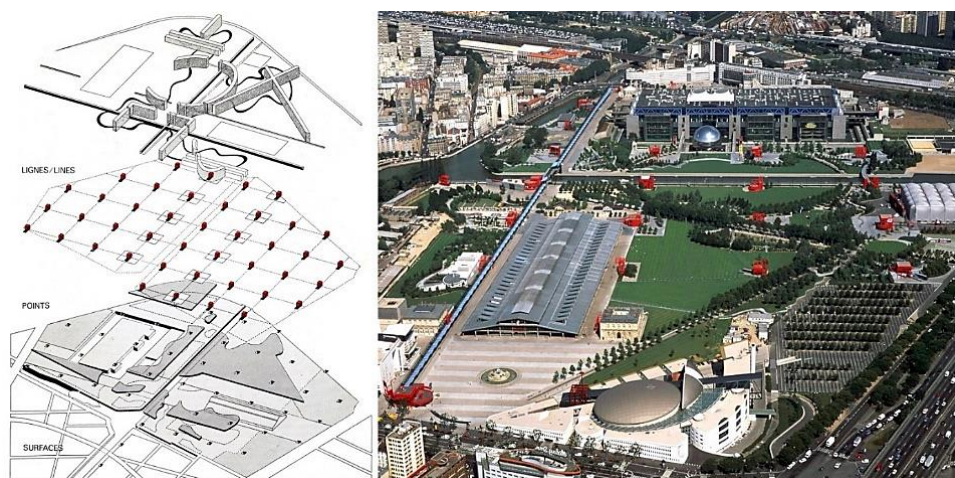


Рис. 6. Парк Ла Виллет. Архитектор Б. Чуми (URL: <http://faqindecour.com/dostoprimchhatelnosti-parizha-za-chto-stoit-cenit-park-la-villet>)

В 1980-х гг. во Франции на смену публичным библиотекам пришли медиатеки. Для примера приведем медиатеку в Орлеане, которая была открыта в 1994 г. и является одним из ранних примеров мультимедийной библиотеки. Медиатека, построенная по проекту архитекторов Пьера де Бессе и Доминика Лиона, расположенная на окраине исторического центра города, выступает в качестве культурной доминанты района (рис. 7). В состав ее функциональных зон входят: выставочный зал, демонстрационный зал, пресс-центр, кафе-терий, мультимедийный блок, читальный зал с зоной библиотеки, музыкальная студия, офисные помещения. Авторы проекта описывают концептуальное планировочное решение медиатеки следующим образом: «Каждое помещение имеет свое функциональное назначение, но при этом различные планировочные элементы в структуре медиатеки связаны друг с другом определенными динамическими отношениями. Различные пространства функционируют сообща, процесс их взаимной интеграции лежит в основе формирования цельного объема здания» [8]. Так, авторами проекта сделан акцент на синергии –

свойстве, характерном для медиацентров, которое выражается в усилении эффективности их деятельности благодаря совместной работе и интеграции их отдельных функциональных зон.



Рис. 7. Медiateка в Орлеане. Архитекторы Пьер де Бессе, Д. Лион

Еще в 1984 г. Уильямом Гибсоном было впервые употреблено понятие «киберпространство». Данным термином автор выразил попытку проиллюстрировать виртуальный, т. е. воображаемый мир, который «проживает» пользователь, когда работает с данными в сетевом пространстве. Эта тема получила дальнейшее развитие, когда в 1988 г. один из основателей компании Autodesk Джон Уокер, используя специальные перчатки и очки, запустил виртуальную реальность на ПК. Так зарождалась индустрия виртуальной и дополненной реальности [9].

Данный этап также отмечен формированием цифровых носителей информации, таких как компакт-диски, которые в 1985 г. стали основным средством «транспортировки» информации в последующие десять лет. В 2000 г. им на смену пришли флэш-накопители.

Роль центров – хранилищ электронной информации в современном мире выполняют дата-центры. История их развития начинается с этапа зарождения компьютерной индустрии. В 1990-е гг. стали формироваться первые серверные комнаты, а в 1992 г. произошел официальный запуск сети Интернет.

Для изучения сферы медиа в 1997 г. по проекту бюро Schweger + Partner была открыта крупнейшая в мире медиаинституция – Центр искусств и медиа-технологий в Карлсруэ (ZKM). В его структуру вошли: музей, Медиавизуальный институт, Институт музыки и акустики, Медийный театр, зона временных выставок медиаарта, медiateка, исследовательские лаборатории, медиалаунж, лекционный зал. Центр размещается в четырехэтажном здании бывшего завода габаритами 312×54 м. Здание имеет свободную планировку, разделено сеткой колонн на 10 атриумов, имеющих витражное фасадное остекление.

В 1998 г. в США была официально зарегистрирована крупнейшая IT-компания Google, деятельность которой специализируется на продуктах, связанных с интернет-технологиями. К 2014 г. компания имела более 70 штаб-квартир по всему миру, часть из которых представляла собой офисы нового поколения, в которых принцип корпоративности (при котором усиливаются общественные и коммуникационные функции) доминирует над принципом иерархичности. Для этого в офисах особое внимание уделяется формированию рекреационных зон, организации общественных пространств и комфортной со-

циальной инфраструктуры, формированию зон для неформального общения, задействуется благоустройство прилегающих территорий, поднимаются вопросы энергоэффективности и технологичности [10]. Офисы крупнейших компаний могут сгруппировываться в кластеры. Например, кампус «глобальная штаб-квартира» Googleplex расположен в Кремниевой долине в г. Маунтин-Вью (штат Калифорния). В комплексе работает более 16000 чел. К его ключевым характеристикам можно отнести: автономность, самодостаточность, предоставление полного спектра услуг для сотрудников (например, на территории кампуса есть детский сад для детей сотрудников, рестораны с бесплатным обслуживанием, прачечная, фитнес-центр и т. д.), развитая транспортная инфраструктура, экологичность и энергоэффективность. Основное офисное пространство сформировано по системе опен-спейс, в комплексе внимание также уделено рекреационным пространствам, которые располагаются как в структуре зданий, так и снаружи в виде озелененных зон.

В 2005 г. в Сан-Франциско был открыт некоммерческий тип пространства для работы – коворкинг. Коворкинг представляет собой «арендное пространство», в котором есть ресурсы для организации индивидуального труда или деятельности группы людей. На сегодняшний день коворкинги часто являются структурными элементами медиацентров.

Еще в 1980-х гг. был впервые применен термин «информационная модель». Однако широкое использование технологий BIM началось после 2002 г. Это позволило значительно усовершенствовать процесс проектирования и строительства уникальных зданий, в том числе и медиацентров. Например, применение BIM позволило воплотить в жизнь сингапурский проект Corenet. Его концепция заключалась в автоматизированной проверке архитектурных проектов и была придумана еще в 1990-е гг. Благодаря проекту, на сегодняшний день существует проработанная BIM-модель всего Сингапура, что значительно облегчает работу проектировщикам и урбанистам [11].

Этапным моментом в развитии архитектуры медиатек считается открытие медиатеки Сендай в 2001 г. (рис. 8).

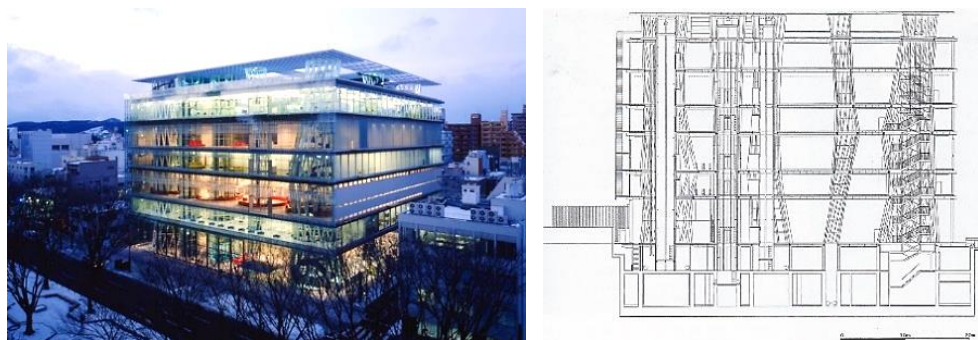


Рис. 8. Медиатека Сендай (Япония). Архитектор Т. Ито

Архитектор Тойо Ито описывал концепцию медиатеки как безбарьерную открытую информационную среду. В медиатеке размещаются: публичная

библиотека, зоны для индивидуальной работы, монтажная студия, демонстрационные залы, аудио- и видеотека, зоны отдыха, кафе, многофункциональные трансформируемые пространства. Концепция доступности прослеживается в наличии многофункциональных и адаптивных пространств, внутри которых отсутствуют ограничительные элементы – стены. Фасады, представленные в виде прозрачных плоскостей, также символизируют открытость.

Использование фасада здания как способа передать информацию является одной из тенденций формирования медиаархитектуры. Для этого часто применяют медиафасады (фасады со встроенными экранами и кинетическими конструкциями). Первым полноценным мультимедийным фасадом считается медиафасад, который появился в 1996 г. на здании Nasdaq на Таймс-сквер в Нью-Йорке. Медиафасад размещен на полотне высотой в десять этажей, и его общая площадь составляет порядка 1000 м² [12].

В начале XXI в. информационные технологии стали активно внедряться в учебную деятельность. В результате при университетах и на территории кампусов стали формироваться медиацентры. Например, в 2010 г. при Городском университете Гонконга был открыт творческий медиацентр Run Run Shaw (рис. 9). В здании медиацентра расположена Школа творческих медиа, факультет компьютерных наук, факультет английского языка, департамент средств массовой информации и коммуникаций, Центр прикладных вычислений и интерактивных средств массовой информации. К основным планировочным элементам медиацентра можно отнести: студийные пространства, исследовательские лаборатории, мультимедийный театр, входную группу с атриумом, несколько разных по габаритам зрительных залов.

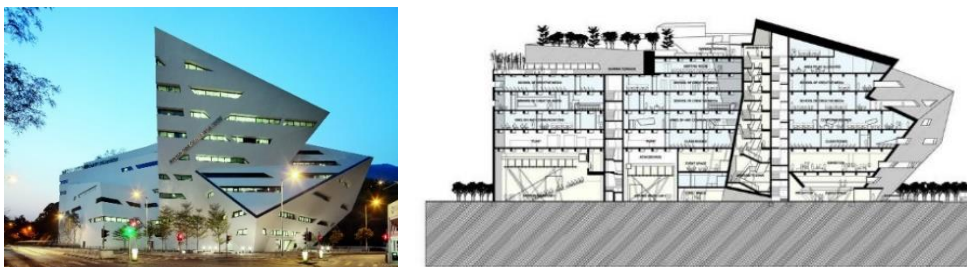


Рис. 9. Медиацентр Run Run Shaw Creative. Архитектор Д. Либескинд

В конце XX в. в Великобритании стали возникать креативные пространства, представляющие собой бывшие промышленные комплексы и отдельные здания, которые были модифицированы под арендные помещения для размещения в них творческих индустрий. В России данный тип получил достаточно широкое распространение. Например, в Москве в первое десятилетие XXI в. были открыты креативные кластеры ArtPlay, «Флаконт», «Винзавод», «Красный октябрь» и др.

Креативные пространства служат примером того, что медиапринципы способны распространиться за пределы одного здания или комплекса. Мы проанализировали ряд примеров медиацентров градостроительного масштаба.

Например, на сегодняшний день продолжается строительство г. Масдар в ОАЭ – проекта города будущего, в котором экологичность и инновационность играют ведущую роль (рис. 10). В центре города размещается пространство Масдар Плаза – «оазис будущего», адаптивная, «живая», «дышащая» среда которого стимулируется социальным взаимодействием людей и подчеркивает преимущества эко-технологий. Плаза служит социальным эпицентром города, предоставляя круглосуточный доступ к общественным объектам. Адаптивность позволяет трансформировать пространство в открытый кинотеатр для проведения международных мероприятий и национальных праздников. Интерактивные технологии активируют степень освещения в ответ на движение пешеходов.



Рис. 10. Масдар-сити (проект)

Еще один пример «города будущего» – это проект District 2020. Он также находится в ОАЭ и представляет собой объект трансформации Всемирной выставки ЭКСПО-2020. После окончания ЭКСПО 80 % инфраструктуры комплекса продолжит функционировать. Согласно генеральному плану, город будет включать: центральную площадь, детский научный центр, выставочный центр, зону с жилой застройкой, офисы, парки, школы, мечеть, отели, больницы, многофункциональные зоны и другие пространства.

Классические архивы в XX в. стали хранилищами для электронных носителей, а в XXI в. приобрели открытость и доступность для всех пользователей. В 2020 г. в Роттердаме было открыто первое в мире открытое хранилище произведений искусств «Депо» (рис. 11). Его концепция заключается в том, что к объектам, хранящимся внутри, осуществляется доступ для всех. Находясь в здании, посетители также могут наблюдать за процессом работы сотрудников архива – реставрацией культурных объектов.

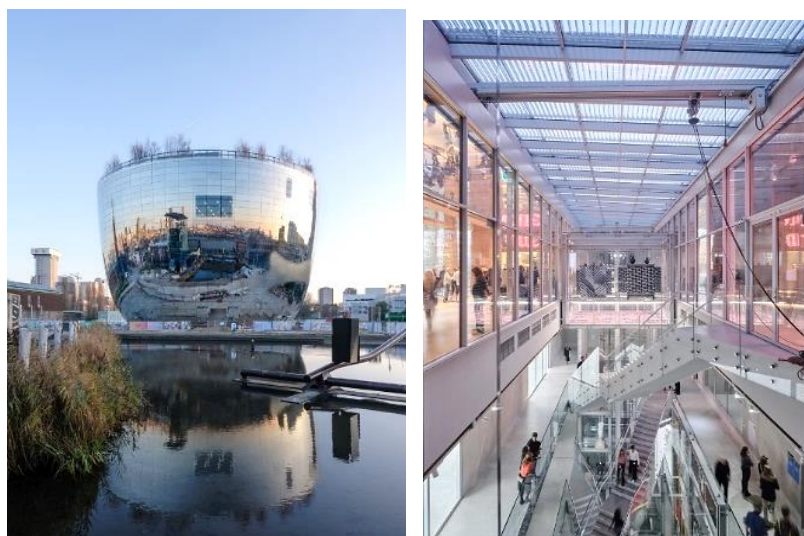


Рис. 11. MVRDV. Открытое хранилище «Депо» в Роттердаме

Здание представляет собой «чашу», облицованную зеркальными панелями. Форма здания выбрана с целью минимизации площади, занимаемой им в структуре парка. Вестибюль представлен атриумом, в котором размещаются лестницы и подвесные стеклянные витрины. В здании размещены студии, хранилища, ресторан, общественные пространства [13].

Выводы

Итак, был рассмотрен процесс развития архитектурных типов медиаобъектов и определен ряд технологических изобретений, оказавших влияние на них. Результатом служит схема, на которой по оси x изображен вектор с нанесенными на него временными датами возникновения новых архитектурных типов медиаобъектов и технологических инноваций (рис. 12). На графике можно проследить взаимосвязь между процессами ускорения развития информационных носителей и развития компьютерных технологий с возникновением новых архитектурных типов медиаобъектов, в которые они интегрируются, а также стремление заключить функции нескольких медиаобъектов в структуру одного полифункционального центра/кластера. Начиная с последней четверти XX в. монофункциональные объекты заменяются мультифункциональными медиацентрами, решающими наравне как технологические задачи, так и социальные. Согласно схеме, конец XX в. отмечен активным развитием новых типов медиаобъектов и медиацентров, таких как медиатеки, креативные кластеры, медиацентры при университетах, медиацентры градостроительного масштаба, открытые хранилища, центры VR и др. Также можно сделать вывод о том, что возникновение новых типов медиаобъектов не отменяет функционирование старых, уже существующих. Например, традиционные типы библиотек продолжают существовать и по сей день, несмотря на формирование их «модификаций» – медиатек.

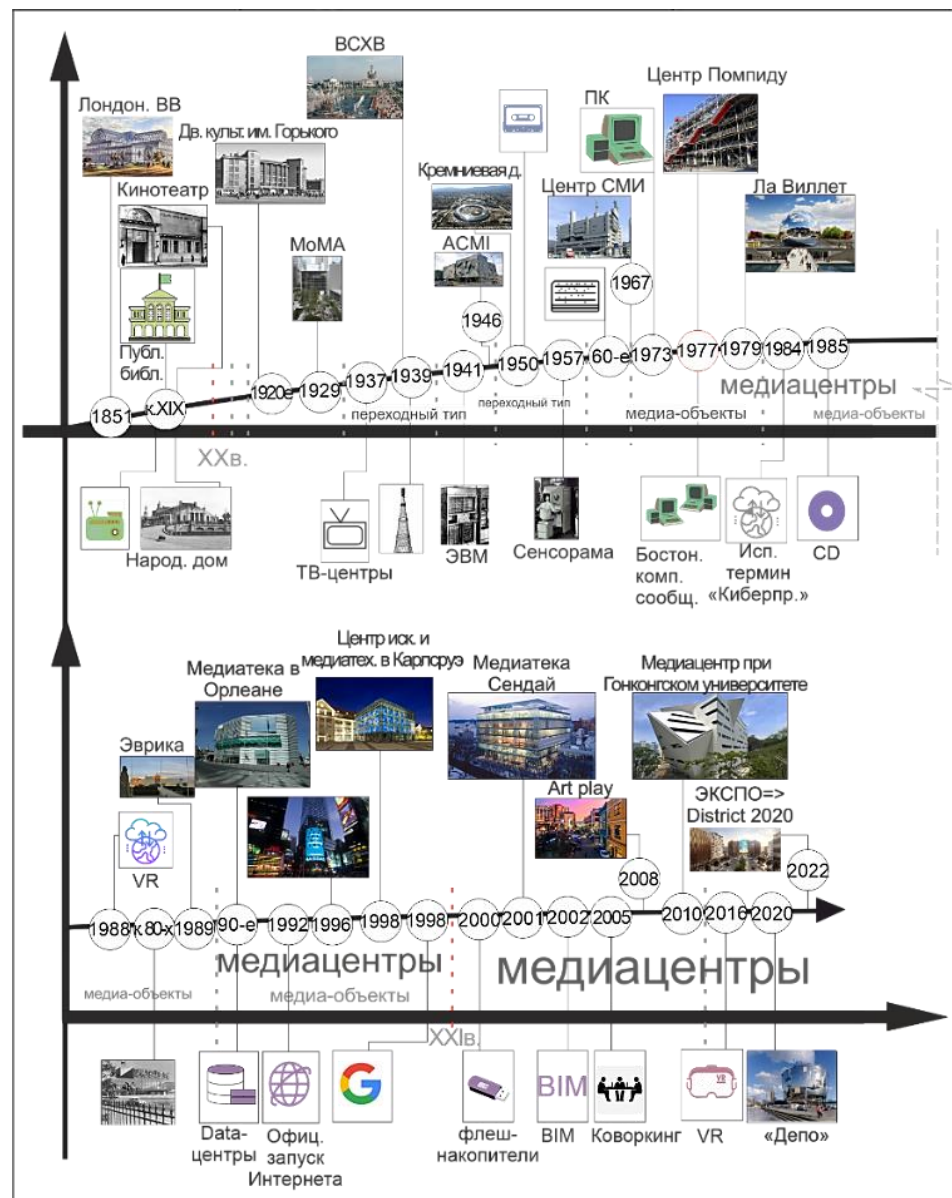


Рис. 12. Схема эволюции архитектуры медиаобъектов в контексте развития ИТ

В работе были рассмотрены преимущественно примеры зарубежных медиацентров как наиболее передовых. Анализ их архитектурного формирования позволил установить следующие особенности: многофункциональность, трансформируемость и адаптивность; формирование по индивидуальным проектам с использованием концепции, замысла, идеи; стремление к формированию в роли знаковых объектов в структуре города; в медиатеках к фондам применяется система открытого хранилища; использование инновационных решений, включая принципы экологичности и энергоэффективности; внедрение BIM

в процесс проектирования и строительства; тенденция к распространению медийных принципов на градостроительный масштаб, на сферу науки и образования; интерактивность и диалог с пользователем, в том числе и при помощи внешней оболочки здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вилкова А.С., Королева Т.Ю. Исторический аспект формирования центров искусств // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 3-2 (57). С. 141–146.
2. Лев Лейтес. К 80-летию отечественного телевизионного вещания // MediaVision. 2011. № 7. С. 68.
3. Федоров А.В. Словарь терминов по медиаобразованию, медиапедагогике, медиаграмотности, медиакомпетентности. Таганрог : Изд-во Таганрог. гос. пед. ин-та, 2010. 64 с. ISBN 987-5-87976-640-0.
4. Коновалова Н.А. Современная архитектура Японии. Традиции восприятия пространства. Москва : Нестор-история, 2017. 256 с. ISBN 978-5-4469-1331-2.
5. Бочарева А.Р., Лихачев Е.Н. Эволюция функциональных типов медиаобъектов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 4. С. 31–42. URL: <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-4-31-42>
6. Кулиш Д.В. Архитектура медиацентров: диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Москва : МАРХИ, 2006. 165 с.
7. Неботова Е.С. Эволюция художественных принципов постмодернизма в архитектуре деконструктивизма // Историческая и социально-образовательная мысль. 2014. № 2. С. 343–345.
8. Médiathèque d'Orléans. URL: <https://www.dominiquelyon.com/Mediatheque-d-Orleans.html?lang=fr> (дата обращения: 12.04.2022).
9. Игибаева М. Развитие и влияние виртуальной реальности на архитектурный рабочий процесс // EurasianUnionScientists. № 6. С. 4–7.
10. Варпанетова А.Е. Архитектурно-планировочные принципы организации офисных объектов : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Москва, 2010. 33 с.
11. Осенняя А.В., Ладога Р.А. BIM в зарубежных странах // Научные труды КубГТУ. 2018. № 2. С. 293–304.
12. Пеня А.А., Медведева С.С. Современная архитектура фасадов: медиафасады // Потенциал интеллектуально одарённой молодежи – развитию науки и образования : материалы VIII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников. В 2 томах / под общ. ред. Т.В. Золиной. Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. С. 214–219.
13. Depot Boijmans Van Beuningen Museum // MVRDV. URL: <https://www.archdaily.com/948370/depot-boijmans-van-beuningen-mvrdv> (дата обращения: 13.12.2021).

REFERENCES

1. Vilkova A.S., Koroleva T.Yu. Istoricheskii aspekt formirovaniya tsentrov iskusstv [Historical aspect of formation of art centres]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2017. No. 3-2 (57). Pp. 141–146. (rus)
2. Lev Leites. K 80-letiyu otechestvennogo televizionnogo veshchaniya. [The 80th anniversary of national television broadcasting]. *MediaVision*. 2011. No. 7. P. 68. (rus)
3. Fedorov A.V. Slovar' terminov po mediaobrazovaniyu, mediapedagogike, mediagramotnosti, mediakompetentnosti [Glossary of terms in media education, pedagogy, literacy, competence]. Taganrog, 2010. 64 p. (rus)
4. Konovalova N.A. Sovremennaya arkhitektura Yaponii. Traditsii vospriyatiya prostranstva [Contemporary architecture of Japan. Traditions of space perception]. Moscow: Nestor-istoriya, 2017. 256 p. (rus)

5. *Bochkareva A.R., Likhachev E.N.* Evolyutsiya funktsional'nykh tipov media-ob'ektov [Evolution of functional types of media objects]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2018. No. 4. Pp. 31–42. (rus)
6. *Kulish D.V.* Arkhitektura media-tsentrov: dis. kand. Arkhitektury [Media centre architecture. PhD Thesis]. Moscow, 2006. 165 p. (rus)
7. *Nebotova E.S.* Evolyutsiya khudozhestvennykh printsipov postmodernizma v arkhitekture dekonstruktivizma [Evolution of artistic principles of postmodernism in deconstructivism architecture]. *Istoricheskaya i sotsial'no-obrazovatel'naya mysl'*. 2014. No. 2. Pp. 343–345. (rus)
8. Médiathèque d'Orléans. Available: www.dominiquelyon.com/Mediatheque-d-Orleans.html?lang=fr (accessed April 12, 2022)
9. *Igibaeva M.* Razvitie i vliyanie virtual'noi real'nosti na arkhitekturnyi rabochii protsess [The development and impact of virtual reality on the architectural workflow]. *Eurasian Union Scientists*. No. 6. Pp. 4–7. (rus)
10. *Vartapetova A.E.* Arkhitekturno-planirovochnye printsipy organizatsii ofisnykh ob'ektov: avtoref. dis. kand. Arkh [Architectural and planning principles for of office building organization. PhD Abstract]. Moscow, 2010. 33 p. (rus)
11. *Osennyya A.V., Ladoga R.A.* BIM v zarubezhnykh stranakh [BIM in foreign counties]. *Nauchnye trudy KubGTU*. 2018. No. 2. Pp. 293–304. (rus)
12. *Penya A.A., Medvedeva S.S.* Sovremennaya arkhitektura fasadov: mediafasady. [Modern façade architecture: Media façades]. In: Potentsial intellektual'no odarennoi molodezhi – razvitiyu nauki i obrazovaniya Materialy VIII Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma molodykh uchenykh, innovatorov, studentov i shkol'nikov (*Proc. 8th Int. Sci. Forum of Young Scientists, Entrepreneurs, Students, and Schoolchildren 'The Potential of Intellectually Gifted Young People for the Development of Science and Education'*), in 2 vol. T.V. Zolina, ed., Astrakhan, 2019. Pp. 214–219. (rus)
13. Depot Boijmans Van Beuningen Museum. Available: www.archdaily.com/948370/depot-boijmans-van-beuningen-mvrdv (accessed December 13, 2021)

Сведения об авторах

Бочкарева Алина Рамильевна, аспирант, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, 630099, г. Новосибирск, Красный пр., 38, alishkart@gmail.com

Лихачев Евгений Николаевич, канд. архитектуры, доцент, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, 630099, г. Новосибирск, Красный пр., 38, lixachev@nsuada.ru

Authors Details

Alina R. Bochkareva, Research Assistant, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, Krasnyi prospekt, 38, alishkart@gmail.com

Evgenii N. Likhachev, PhD, A/Professor, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, Krasnyi prospekt, 38, lixachev@nsuada.ru

УДК 72.727

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-63-77

*Н.В. ЛАМЕХОВА,
Уральский государственный
архитектурно-художественный университет*

ЭСТЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ ШКОЛЕ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы пространственных характеристик объема творческого блока современной школы на примере анализа передовых отечественных и зарубежных зданий.

Выделены преобладающие методы формирования планировочной структуры творческого блока как структурного компонента здания современной школы. Определены компоненты по формированию архитектурной среды школьных зданий, оказывающие стимулирующее воздействие на раскрытие творческого потенциала учащихся.

Ключевые слова: архитектура школы, творческий блок, школа будущего, эстетика архитектурного пространства

Для цитирования: Ламехова Н.В. Эстетический аспект развития архитектурного пространства для творческой деятельности детей в современной школе // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 63–77.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-63-77

*N.V. LAMEKHOVA,
Ural State University of Architecture and Art*

AESTHETIC ASPECT OF ARCHITECTURAL SPACE DEVELOPMENT FOR CREATIVE ACTIVITY OF CHILDREN IN A MODERN SCHOOL

Abstract. Purpose: The aim of this work is to determine the architectural space components for the creative activity of children in a modern school. **Design/methodology:** The description of modern design and construction of school buildings in Russia and abroad; identification of factors influencing the formation of the aesthetic aspect of the architectural space of a modern school; theoretical modeling of typological layout of individual structural elements of the architectural space for creative activities in a modern school; analysis of the functional zoning and compositional parameters of the architectural space to identify the architectural space qualitative parameters disclosing the creative potential of students. **Research findings:** Identification of the main algorithms of the architectural space design for the creative activity of students in a school with a specific atmosphere that has a beneficial effect on the perception of new knowledge and disclosure of the creative potential of students. **Practical implications:** The obtained results and proposed recommendations can be used in green architecture and development of regulatory documents on the school building design; the program preparation in project activities; in studying the individual structural components of the architectural environment within the artistic and aesthetic aspect. **Originality/value:** Architectural means deter-

mine the formation of the aesthetically oriented architectural environment for creative activities in modern schools and identify the qualitative parameters of the given space. The architectural environment of the creative activity represents a new type of individual structural elements of a modern school building focused on a disclosure and growth of creative potential of students with optimum opportunities.

Keywords: school architecture, creativity, school of the future, aesthetics of architectural space

For citation: Lamekhova N.V. Esteticheskii aspekt razvitiya arkhitekturnogo prostranstva dlya tvorcheskoi deyatel'nosti detei v sovremennoi shkole [Aesthetic aspect of architectural space development for creative activity of children in a modern school]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 63–77. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-63-77

Анализ публикаций и литературы показывает, что сегодня в мире интенсивно развивается концепция школ-комплексов: международная школа Дебрецена (Венгрия), школа Мункегард в Гентофте (Дания), школа Alfa Omega в Тангеранге (Индонезия), Marecollege в Нидерландах. Из отечественной практики: школа «Летово» в Москве, Губернаторский лицей в Екатеринбурге, «Точка Будущего» в Иркутске, и т. д. Функции дополнительного образования и досуга активно включаются в состав основных помещений средней общеобразовательной школы. Школа становится пространством, где внеурочная деятельность все чаще приобретает равные значения с урочной, а в некоторых школах и превосходит ее. В этом случае для проведения различных видов и форм занятий школе требуется больше пространства для различных вариантов деятельности: работы с группами, подгруппами, индивидуальной работы и т. д. [1, с. 7] Важными участниками непрерывного процесса обучения становятся специалисты разных областей и нетрадиционных для школы профессий (логопеды, психологи, педагоги дополнительного образования, изобразительного искусства, мастера декоративно-прикладного творчества, музыканты, спортсмены и т. д.).

Образование – главнейшая социальная функция общества, определяющая самые разные стороны его жизни: производственные силы, хозяйство, науку, культуру и т. д. Постоянный научно-технический прогресс ставит перед образованием все новые цели. Под воздействием новых научных знаний и появляющихся возможностей все время меняются требования к содержанию и организации процесса архитектурного пространства школьных зданий, стимулируя развитие материально-пространственной среды самих школ [2, с. 3].

В нашей стране вопросы школьного проектирования и строительства всегда рассматривались как вопросы государственной важности и общенародной значимости. Исследования, посвященные типологии школьных зданий и их структуре, проводились В.И. Степановым, В.В. Смирновым, И.Н. Кастелем, С.Г. Змеулом, К.Д. Френкелем, Т.А. Славиной и др. Вопросами, связанными с изучением проблем реализации современной модели образовательного пространства в архитектуре, занимались Л.В. Задвернюк, А.Р. Ключко, Е.И. Коровина, Е.П. Кузнецова, А.Э. Садыкова и др. Научными направления-

ми, затрагивающими обеспечение инклюзивного подхода к проектированию образовательного пространства, занимались: О.И. Бумагина, Е.Н. Горбунов, Л.В. Желнакова, Л.В. Дербенко, Н.В. Каспер, Б.Л. Крундышев; вопросами по изучению архитектурных принципов организации сенсорно-стимулирующих пространств – И.И. Ахтямов, Р.Х. Ахтямова, Л.Р. Садыкова и др.

Разработка педагогических концепций и поиск современного образовательного пространства показали, что школьное здание должно обладать определенными параметрами материально-пространственной базы, которая бы обеспечила полноценное развитие личности человека. Таким образом, архитектурная среда должна включать все необходимые компоненты: помимо общеобразовательных дисциплин, учебный блок с библиотекой, спортивный блок и блок для детского творчества, кванториумы, а также развитый рекреационно-коммуникационный каркас.

Одним из важных компонентов образовательной среды школьных зданий является блок для детского творчества. Детское творчество, являясь необходимой составляющей образовательной системы, позволяет детям разного возраста развить природные данные, определить свои возможности. Блок для детского творчества должен обеспечить развитие личности каждого учащегося, которое осуществляется с учетом потребностей и направленности самого ребенка, возможностей реализации в условиях образовательной организации, регионального компонента и других факторов [3, с. 142].

Эмоция интереса – самая сильная мотивирующая составляющая. Эмоции рассматриваются как высшая форма отношения человека к предметам и явлениям действительности, «отличающаяся относительной устойчивостью, обобщенностью, соответствием потребностям и ценностям, сформированным в его личностном развитии» [4]. Р. Арнхейм подчеркивает, что акт восприятия и эмоции, получаемые в результате, не зависят от опыта и интеллекта. «Зрительное восприятие – неотъемлемый элемент того, что непосредственно воспринимается в данный момент, это и есть «психологическая сила» архитектурного пространства» [5, с. 23–25], это доказывает то обстоятельство, что поиск базовых качественных элементов формирования архитектурного пространства творческого блока крайне необходим.

Эстетический аспект архитектурного пространства включает изучение визуальной среды, точек восприятия, эмоций, получаемых в результате определенных видовых «картин». Питер Айзенман пишет, что «архитектура – это видимость» [6]. Автор рассматривает архитектурный объект (элемент архитектурной среды) с точки зрения его «смысла» и «формы», вместе с тем подчеркивает, что архитектура современности, оставаясь «физическим местом», выступает как «слабая форма», сутью которой является сложнейшая разбалансированность между внешними визуальными знаками и формами, которые ей придают особый смысл как архитектурному объекту с реальной конструкцией и формой, посредством которой она представляет внешне силу того, что является физическим объектом. Существование архитектурного объекта вместе с учетом утилитарно-практического смысла может быть рассмотрено как особый способ существования, посредством которого можно было бы вступать в некоторые неутилитарные отношения с окружающим миром, дающие

духовные наслаждения [7, с. 20]. Таким образом, термин «архитектурная среда» в рамках эстетического аспекта может быть обозначен как «видимость», которая дает возможность помимо утилитарной функции выполнять роль объекта, способствующего духовному наслаждению, побуждающего к заинтересованности учащихся, обладая набором качественных пространственных характеристик. Для этого нужно повлиять на человека так, чтобы ему по вкусу пришелся предлагаемый искусством набор символов. Эстетическое сознание, в свою очередь, активно использует все средства воздействия на психику, которые предоставил наш век с его открытиями в области человеческого сознания и подсознания [8, с. 144]. В творениях архитектора преобладает свойство жизнестроения, его произведение – энергетический нерв некой пространственной констелляции, которую мы воспринимаем как среду обитания.

Обучение и воспитание – единая взаимодополняющая и взаимообогащающая система, где успех зависит лишь при условии органического соединения с любимым занятием школьника. Творчество задействует все сферы человеческого сознания, на формирование которого влияют не только знания и практические умения, но и чувства, интуиция, воображение и ощущения [9]. Занятия новым пробуждают психологические функции, не регулируемые сознанием. Поэтому любая творческая работа, которая в современных реалиях выходит за рамки сферы искусства и охватывает все отрасли, напрямую зависит от подсознательного восприятия, интуиции, чувства прекрасного и эмоций [4, 10].

Определение особенностей компонентов современной архитектурной среды школьных зданий, оказывающих стимулирующее воздействие на раскрытие творческого потенциала учащихся, может быть достижимо за счет решения следующих задач: выявления параметров архитектурного пространства современной школы, согласно требованиям системы общего образования РФ (согласно федеральному образовательному стандарту и закону об образовании); выявления особенностей планировочных структур.

Проектирование качественно новых условий для пребывания детей во внеучебное время определяется возросшей значимостью образования, информатизацией общества и вовлеченностью детей в послеурочное время, что позволяет определить более высокие требования к архитектурному пространству блока для занятий творческой деятельностью. В перечень дополнительного образования творческой деятельности в школе может входить: изобразительное и декоративно-прикладное искусство (включая стеклографию, витраж), краеведение, плетение из разных видов материалов (проволоки, бересты, ивы, бисера и т. д.), лепка (пластилин, полимерная глина, гипс), конструирование из бумаги (оригами), легио – конструирование, робототехника, вязание, вышивание и т. д. В основу любого вида творчества ложится формирование чувства прекрасного и гармонии у школьников. В настоящее время уделяется достаточно мало внимания формированию особенностей архитектурной среды для подобного рода занятий.

Эстетические качества архитектуры не могут быть рассмотрены только в аспекте анализа как вид искусства и художественной деятельности, необходимо рассматривать ее параметры как значимые в национально-культурном, этическом, духовно-эстетическом плане, представляющие не единичные ар-

хитектурные объекты, а некоторое архитектурное множество. То есть некоторая совокупность архитектурных форм, качества которой, в том числе и эстетические, проявляются как целостности, развёртывающейся в пространственной и временной перспективе [7, с. 7].

Пространство творческого блока в этом смысле может содержать особую эмоциональную ценность. Творческий блок может быть как частью единой структуры школы, так и его отдельным элементом. Часто творческий блок состоит из учебных мастерских – классов, объединяемых рекреацией, и не содержит никакой эстетической ценности, поскольку не может ничем отличаться от учебных блоков школьного пространства. Поэтому важно выработать комплекс мер по преобразованию архитектурного пространства с позиции эстетического аспекта. В законе «Об образовании в Российской Федерации» декларируется создание поливариантных образовательных программ (свобода выбора направлений, специализаций и форм). В основных положениях ФГОС ОО сформулированы основные задачи школьного образования, приведен набор помещений, функций и процессов современной школы. Присутствуют регуляторы учебных планов. Прописаны обязательные предметные области и учебные предметы, куда входят искусство (изобразительное искусство, музыка) и технология. Также ФГОС ОО предусматривает широкий выбор внеурочной деятельности (кружки по художественной деятельности, культурологическому и социальному развитию) [11, с. 128–130].

В современной школе очень важно заинтересовать учащегося той или иной досуговой деятельностью. Во многом влияние на интерес оказывает окружающая среда. Учащийся постоянно окружен визуальными, слуховыми и тактильными раздражителями. Новизна, сложность и необычность способствуют вызову интереса у детей всех возрастных групп, определяют их главное мотивационное состояние к разным видам деятельности. В. Ценев отмечает, что «интерес является главным мотивационным состоянием в повседневной деятельности человека. Основные причины интереса – необычность предметного наполнения» [12, с. 44], которые достигаются путем композиционного решения отдельных элементов архитектурного пространства.

Для разработки рекомендаций по проектированию параметров пространства блока для творческой деятельности нового формата в школьном здании были выявлены структурные компоненты:

- классы для занятий – ячейковая структура;
- рекреационно-коммуникационный каркас – линейная/зальная с возможностью объединения по горизонтали и вертикали;
- обслуживающие помещения (санузлы, кладовые) – дополнительные помещения при ячейковой структуре.

В творческий блок входят помещения для занятий во внеурочное время. Размер кабинетов может быть сопоставим с размером учебного класса с возможностью деления на помещения меньшего размера. Хорошо развитая по площади рекреационно-коммуникационная зона (так, чтобы все воспитанники, посещающие те или иные виды творчества, смогли пребывать в ней одновременно).

На рис. 1 представлено три варианта включения блока для творческой деятельности в структуру школьного здания.



Рис. 1. Примеры размещения творческого блока в школьном здании:

1 – включение творческого блока в каркас школы как самостоятельного, обособленного объема [13]; 2 – творческий блок объединяется с другими блоками по вертикали через коммуникационно-рекреационное пространство [14]; 3 – включение арт-компонента в структуру общественного пространства школы [15]

Первый вариант (здание школы в США) – блок изолирован от структуры школы и выделен в самостоятельный объем, где трансформация и преобразования могут проходить в границах выделенного объема.

Второй вариант (школа/семейный центр «Местерфьеллет» в Дании) – творческий блок размещен в одной из частей и связан с другими структурами школьного здания вертикально. Общие школьные функции, которые обычно располагаются на первом этаже, теперь распределены по вертикали по всему зданию и объединены атриумом. Размещение блока для творческой деятельности на одном из уровней – вполне возможное решение. При расположении блоков вертикально стоит учитывать, что этажность современных школьных зданий ограничена 5 этажами (на 4-м и 5-м допускается размещение помещений 7-х и 11-х классов). Если доступность блока для занятий творческой деятельностью ориентировать для всех детей, то не стоит располагать его выше 3-го этажа.

Третий вариант (международная школа/ общественный центр в Москве) – демонстрирует модель объединения занятий творчеством в едином образовательном центре в виде вливающегося объема, находящегося при рекреационно-коммуникационном каркасе. Такой вариант вполне удобоварим, поскольку позволяет объединять время от времени резервные площади рекреационного пространства, задействуя и другие группы помещений. При объединении занятий творческой деятельностью с какими-либо другими чувствуется единение и близость к любимому делу.

Из приведенных на рис. 1 моделей можно сделать вывод, что в том или ином виде существование творческого блока вполне возможно в структуре современной школы. Важно определить эстетические параметры архитектурного пространства блока для занятий творческой деятельностью.

Зарубежные исследователи привели весомые доводы и доказали связь успеваемости учащихся с физическим дизайном школьных зданий [16, 17]. Энн Тейлор и Джордж Властос предположили, что учебная среда – это практическая форма искусства и место красоты. Эстетическая школа – это моти-

вационный центр для обучения. Художественная организация мест и пространств оказывает глубокое положительное влияние на поведение учащихся и поощряет готовность вносить свой вклад в образовательный процесс. Процесс обучения требует тесного контакта с окружающей средой, которая могла быть фундаментом и ориентиром для проведения образовательной деятельности. Тейлор и Властос предложили рассматривать архитектуру школьного здания как трехмерный учебник [17]. Из этого можно сделать вывод, что образовательная среда – это форма искусства, место демонстрации красоты и сильнейший мотивационный центр для получения знаний, умений и навыков. Немаловажную роль играет определение качественных характеристик архитектурного пространства этой среды.

Форма и конфигурация помещений творческого блока. Ориентация по сторонам света помещений для занятий неограниченная, но помещения для работы с художественной деятельностью лучше ориентировать на север или восток, это сохранит комфортные условия во время пребывания учащихся.

Занятия в изостудии могут проходить по схеме тогда, когда мольберты располагаются в шахматном порядке полукругом около натюрморта, а также и за специальными столами (рис. 2).



Рис. 2. Пример полифункционального пространства творческого блока

Помещения для кружковой деятельности могут быть универсальными, а также представлять ярко выраженный характер, что достижимо за счет конфигурации помещений в плане (рис. 3).

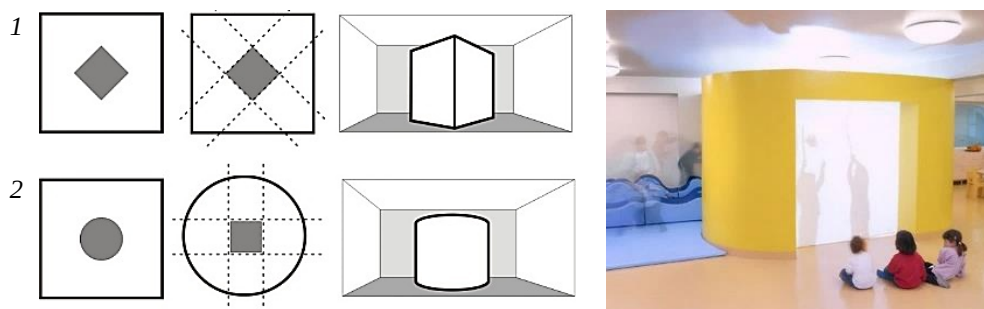


Рис. 3. Примеры разных конфигураций помещений [18]:

1 – квадратная форма с поворотом, вписанная в квадрат; 2 – круглая форма, вписанная в квадрат

Использование разных форм в творческом блоке – один из приемов по достижению необычного пространства. Поэтому внутренний объем может отличаться от внешнего. Рис. 3, 1 – внутреннее пространство привлечет к себе больше внимания, если, имея такую же форму, как заключающий его объем, будет иначе ориентировано. Рис. 3, 2 – в данном случае усиливается впечатление его самостоятельности. «Контраст форм может указывать на функциональное различие двух пространственных объемов или на особый символический смысл внутреннего пространства» [18, с. 212].

Поворот или уход с оси позволяет создать уже нетривиальное решение. Во многом больше эмоций дает скругленная форма, т. к. кабинеты раскрываются перед зрителем во всем своем многообразии. Чем более развитая структура, тем больше раздражителей она имеет. На рис. 4 представлены примеры учебных классов.

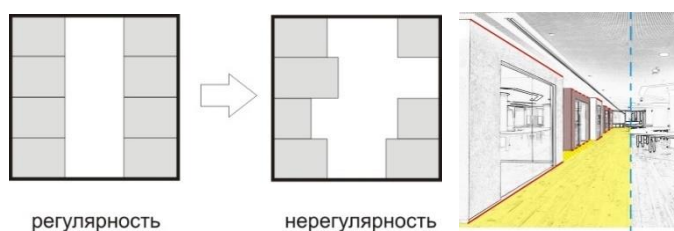


Рис. 4. Примеры планов с регулярной и нерегулярной границами. Интерьер

Естественное освещение. Оно играет большую роль прежде всего в сохранении здоровья и в то же время указывает на биологическую потребность в окнах, через которые учащиеся могут видеть, ощущать суточные изменения и позволять глазу менять фокусные расстояния, обеспечивая существенное облегчение при перенапряжении глаз. По мнению зарубежных исследователей, решающее значение для здоровья и роста студента имеет свет полного спектра, который необходим для стимуляции мелатонина, что, в свою очередь, помогает контролировать выработку организмом серотонина («гормона счастья»).

Свет – один из самых сильных источников воздействия на органы чувств. Световая среда очень важна как для занятий, так и для игры и отдыха. Световая среда также служит для создания чувства безопасности. Учащиеся, постоянно находящиеся в тусклом освещении и в классах без окон с недостаточной циркуляцией воздуха, будут плохо справляться с различными задачами. Далее приведены возможные схемы разрезов, где показаны дополнительные возможности расширения архитектурными средствами спектра естественного освещения (рис. 5).



Рис. 5. Освещение верхним и верхнебоковым светом помещений школы. Схемы разрезов [19, с. 105]

Трансформация творческого блока. Трансформация творческого блока возможна за счет включения в объем резервных площадей центрального пространства (рис. 6).

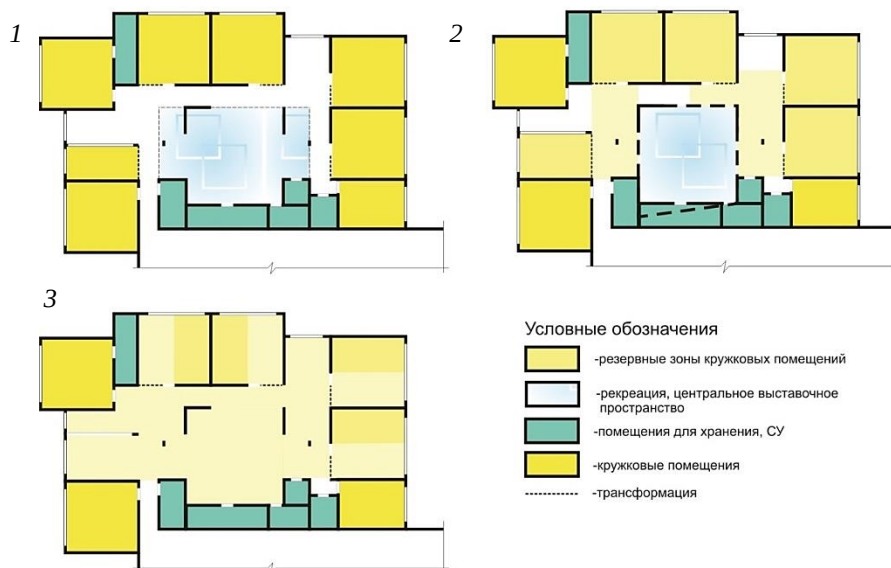


Рис. 6. Схемы трансформации творческого блока:

1 – вариант использования помещений ячейковой структуры с развитым центральным пространством; 2 – вариант расширения границ ячейковой структуры путем включения резервных площадей центрального пространства; 3 – вариант объединения ячейковой структуры с внутренним центром

Резервными площадями может являться площадь центрального пространства. Такой прием (первый вариант) позволяет проводить разные кружковые дисциплины одновременно. Второй вариант дает возможность объединять ряд помещений во время проведения мастер-классов. Третий вариант объединяет пространство творческого блока для проведения совместных мероприятий (конкурсов, игр, выступлений, организации общей выставки и т. д).

Объединение помещений может происходить и линейно, по принципу рюкзака за счет устранения торцевых стен (между помещениями) (рис. 7).



Рис. 7. Схемы трансформации творческого блока: несколько помещений становятся площадями для дифференцированных занятий, командной работы

В итоге различных вариаций трансформаций в интерьере появляются новые возможности, которые не позволяют «привыкнуть» и «обеднеть» архитектурной среде, способствуют вызову новых впечатлений у учащихся, давая им возможность самим быть участниками процесса по преобразованию внутреннего пространства.

Трансформация определяет развитие не только утилитарных возможностей, увеличение количества проигрывания сюжетных сценариев, но и визуальных возможностей.

Связанность творческого блока с окружающей средой. Роль и значение природного окружения в структуре застройки неоспоримы. Включение природного компонента в ансамбль застройки – одна из важнейших задач архитектора. Эмоция интереса – самая сильная, которая оказывает влияние на восприятие и двигательную активность любого человека. Природа – непревзойденное совершенство, которое способно вызвать ряд эмоций у любого человека от мала до велика. Поэтому одним из главных ресурсов, который может вызвать эмоцию интереса в результате формирования будущего объема на строительной площадке, – это сохранение экокомпонентов, имеющихся на территории застройки (деревья, представляющие ценность, а также растения; наличие воды, заболоченной территории; рельефа местности, наличие каменных отвалов и т. д.).

Для сохранения экокомпонента в структуре застройки архитекторам необходимо проводить анализ местности, выявлять особенности рельефа, определять важные составляющие природного каркаса. Сохраняя природное богатство, архитектор не только бережно встраивается в существующую среду, не нарушая привычный ритм жизни, но и выявляет уникальные качества данного объекта, неоспоримо неповторимые на любой другой территории, тем самым повышая значимость архитектурного объекта и демонстрируя окружающим важность и значимость аккуратного отношения к природе. Примером служит здание образовательного центра в Будапеште (рис. 8, 9).



Рис. 8. Пример расположения здания на рельефе [20]

Тянутый объем центра расположен на рельефе, являясь продолжением одной из горизонталей. Объем спускается плавно вниз, что создает ощущение содружества с природой. Кровля здания эксплуатируемая, покрыта зеленым газоном, который в летнее время осуществляет защиту от перегрева. У подножия здания расположен небольшой пруд, форма которого преобразовалась в процессе проектирования, представляя собой как водоем с очищенной водой, так и небольшое заболоченное пространство.

Вид изнутри поражает красотой, дает массу возможностей для поиска новых впечатлений (рис. 9). Большое витражное остекление в кабинете позволяет сконцентрироваться на конкретных компонентах экосистемы (рис. 9, *слева*), а также понаблюдать за изменениями погоды, природных явлений и т. д., концентрируя наше внимание на конкретном объекте. И наоборот (рис. 2, *по центру и справа*), восприятие природного окружения может идти очень динамично – во время движения человека, это сделано с помощью организации ограждающей плоскости витражного остекления вдоль главной продольной оси здания. В этом случае восприятие природного окружения очень динамично, при спуске по ступеням здания может возникнуть ощущение, что спускаешься по склону холма, обозревая природные компоненты с разных сторон.

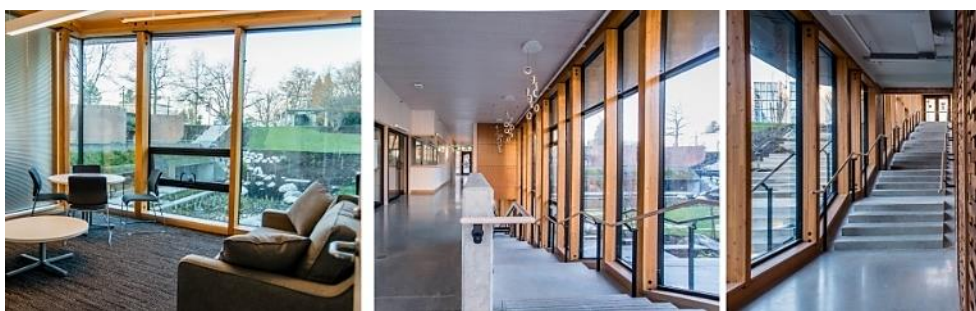


Рис. 9. Пример акцентирования на природные компоненты [20]

Включение природного компонента в ансамбль застройки позволяет всем участникам процесса окунуться в незыблемое богатство окружения на протяжении всего учебного времени, быть рядом с природой, наблюдать за красотой ее изменения.

Также связанность может проявляться в возможности использования разных по высоте уровней с точки зрения концентрации на природный компонент, что в итоге позволяет достичь разных эмоциональных впечатлений (пример дошкольного учреждения на рис. 10).

Когда сохраняется дерево на участке, оно становится центром притяжения. На рис. 10 видно, сколько приятных возможностей раскрывается для участников процесса, которые с изменением точки восприятия будут только расти. М.В. Осорина отмечает, что положительной стороной детей замечать, наблюдать, переживать, творить разнообразные миры, встроенные в повседневную жизнь, является богатство и глубина душевного общения с ландшафтом,

умение получать в этом контакте максимум личностно важной информации и достигать чувства единения с миром... [21, с. 119].

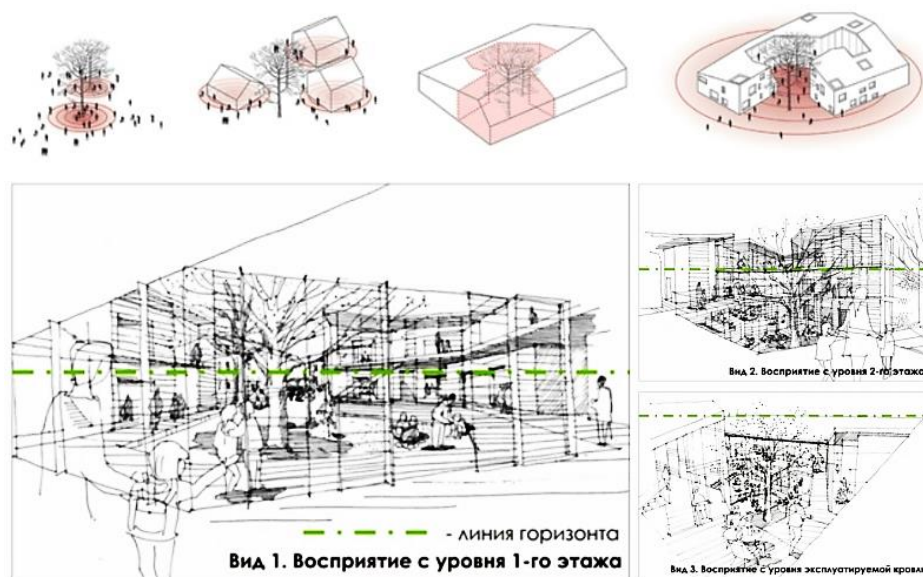


Рис. 10. Пример сохранения существующих деревьев на участке [22]

Развитие человеческой способности открывать для себя множественные миры можно пустить на самотек, а можно учить человека осознавать, управлять и придавать выверенные традиции многих поколений людей, культурные формы. Таково, например, обучение медитативному созерцанию, которое происходит в японских садах.

Выводы

Многочисленные эстетические компоненты, включенные в физическую среду школы, положительно влияют на самочувствие и успеваемость всех участников процесса. При создании благоприятной, несущей эстетический потенциал образовательного пространства архитектурной среды творческого блока следует учитывать:

- структуру организации блока для творческой деятельности;
- эстетические качества помещений для занятий и отдыха (форму и конфигурацию);
- естественное освещение (разнообразие архитектурных приемов);
- возможность претерпевать изменения в планировочной структуре в зависимости от изменяющихся стратегий проведения образовательной деятельности;
- связанность творческого блока с природным окружением путем включения природного компонента в ансамбль застройки.

Планировочные, функциональные модели школьного здания, его архитектура, интерьеры до сих пор находятся в активной дискуссии в профессио-

нальной среде. Роль и значение приведенных компонентов пространственной структуры творческого блока оказывают огромное влияние на учащихся. Учет выявленных эстетически направленных пространственных характеристик в последующем позволит сконцентрироваться на включении их в состав архитектурного пространства творческого блока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крундышев Б.Л. Архитектурно-реконструкционное проектирование общеобразовательных школьных учреждений, доступных маломобильной группе населения / Б.Л. Крундышев. Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2013. 240 с.
2. Славинский С.П. Система и типы зданий общеобразовательных школ в структуре большого города (исследования и рекомендации на примере Великого Новгорода) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры : Специальность 18.00.02 – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. Санкт-Петербург, 2007. 23 с.
3. Заварина С.Ю. Художественно-творческое развитие младших школьников во внеурочной деятельности // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 70-1.
4. Бирюкова Е. Е. Эстетика формы и содержание архитектурного пространства : диссертация на соискание ученой степени кандидата философских наук : 09.00.04. Владимир, 2003. 249 с.
5. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. Москва : Архитектура-С, 2007. 392 с.
6. Айзенман П. Архитектура – это видимость: Центр дизайна и искусств им. Аронова. Центр искусств им. Векснера // Зодчество мира. 1999. № 4. С. 64–81.
7. Бирюкова Е.Е. Архитектурное пространство как эстетическая видимость // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2015. № 11-1. С. 20–22.
8. Мишина М.П. От эстетики прекрасного к эстетике повседневного // Гуманизация образования. 2009. № 2. С. 144–148.
9. Рамазанова Э.А. Формирование эстетической культуры школьников в условиях современной социокультурной среды // Мир науки, культуры, образования (МНКО). 2020. № 6 (85).
10. Хубиева Ф.М. Стимулирование познавательной деятельности старшеклассников на основе положительных эмоций // Культурная жизнь Юга России. 2008. № 3. С. 131–133.
11. Задвернюк Л.В. Проблемы реализации современной модели организации школьного пространства в архитектуре России // Ноэма. 2020. № 2 (5).
12. Ценев В. Психология рекламы. Москва : Бератор, 2003. 200 с.
13. Greenman School. URL: <https://architizer.com/idea/359858/> (дата обращения: 22.03.2022).
14. School And Family Centre. URL: <https://architizer.com/idea/3149900/>
15. Wunderpark International School and Community center. URL: <https://architizer.com/idea/3149900/> (дата обращения: 22.03.2022).
16. Heitor T. Potential problems and challenges in defining international design principles for schools // Evaluating Quality in Educational Facilities. 2005. V. 20. № 2. P. 44–54.
17. Tanner C.K. A Case for Schoolhouse Aesthetics // Educational Planning. 2020. V. 21. № 1.
18. Чинь Д.К. Архитектура, форма, пространство, композиция. Москва : ООО «Издательство АСТ», 2020. 446 с.
19. Каганович Н.Н., Гриднева Е.С. Архитектурное проектирование общеобразовательной школы. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. 118 с.
20. Dialogue Centre to open with statement of apology from UBC. URL: <https://news.ubc.ca/2018/04/06/indian-residential-school-history-and-dialogue-centre-to-open-with-statement-of-apology-from-ubc/> (дата обращения :22.03.2022).
21. Осорина М.В. Секретный мир детей в пространстве мира взрослых. Санкт-Петербург : Речь, 2007. 276 с.
22. Moller E. Forfatterhuset Kindergarten. URL: <https://lethgori.dk/forfatterhuset-kindergarten/> (дата обращения: 22.03.2022).

REFERENCES

1. Krundyshev B.L. Arkhitekturno-rekonstruktsionnoe proektirovanie obshcheobrazovatel'nykh shkol'nykh uchrezhdenii, dostupnykh malomobil'noi gruppe naseleniya [Architectural and reconstructive design of secondary school institutions accessible to a low-mobility group of the population]. Saint-Petersburg: Prospekt Nauki, 2013. 240 p. (rus)
2. Slavinsky S.P. Sistema i tipy zdaniy obshcheobrazovatel'nykh shkol v strukture bol'shogo goroda (issledovaniya i rekomendatsii na primere Velikogo Novgoroda): avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata arkhitektury [System and types of buildings of secondary schools in a large city (research and recommendations on the example of Veliky Novgorod). PhD Abstract]. Saint-Petersburg, 2007. 23 p. (rus)
3. Zavarina S.Yu. Khudozhestvenno-tvorcheskoe razvitiye mladshikh shkol'nikov vo vneurochnoi deyatel'nosti [Artistic and creative development of schoolchildren in extracurricular activities]. Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. 2021. No. 70-1. (rus)
4. Biryukova E.E. Estetika formy i sodержanie arkhitekturnogo prostranstva: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata filosofskikh nauk [Design aesthetics and architectural space. PhD Thesis]. Vladimir, 2003. 249 p. (rus)
5. Arnheim R. Iskustvo i vizual'noe vospriyatie [Art and visual perception]. Moscow: Arkhitektura-S. 2007. 392 p. (transl. from Engl.)
6. Eisenman P. Arkhitektura eto vidimost' [Architecture is visibility]. Zodchestvo mira. 1999, No. 4. Pp. 64–81. (rus)
7. Biryukova E.E. Arkhitekturnoe prostranstvo kak esteticheskaya vidimost' [Architectural space as aesthetic visibility]. Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki. 2015. No. 11-1. Pp. 20–22. (rus)
8. Mishina M.P. Ot estetiki prekrasnogo k estetike povsednevnogo [From beautiful to everyday aesthetics]. Gumanizatsiya obrazovaniya. 2009. No. 2. Pp. 144–148. (rus)
9. Ramazanova E.A. Formirovanie esteticheskoi kul'tury shkol'nikov v usloviyakh sovremennoi sotsiokul'turnoi sredy [Aesthetic culture of schoolchildren in modern socio-cultural environment]. Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. 2020. No. 6 (85). (rus)
10. Khubieva F.M. Stimulirovanie poznatel'noi deyatel'nosti starsheklassnikov na osnove polozhitel'nykh emotsii [Stimulation of cognitive activity of high school students based on positive emotions]. Kul'turnaya zhizn' Yuga Rossii. 2008. No. 3. Pp. 131–133. (rus)
11. Zadvernyuk L.V. Problemy realizatsii sovremennoi modeli organizatsii shkol'nogo prostranstva v arkhitekture Rossii [Implementation of modern model of school space organization in the architecture of Russia]. Noema. 2020. No. 2 (5). (rus)
12. Tsenev V. Psikhologiya reklamy [Psychology of advertising]. Moscow: Berator, 2003. 200 p. (rus)
13. Greenman School. Available: <https://architizer.com/idea/359858> (accessed March 22, 2022)
14. School and family centre. Available: <https://architizer.com/idea/3149900/> (accessed March 22, 2022)
15. Wunderpark International School and Community Center. Available: <https://architizer.com/idea/3149900> (accessed March 22, 2022)
16. Heitor T. Potential problems and challenges in defining international design principles for schools. *Evaluating Quality in Educational Facilities*. 2005. V. 20. No. 2. Pp. 44–54.
17. Tanner S.K. A Case for schoolhouse aesthetics. *Educational Planning*. 2020. V. 21. No. 1.
18. Ching D.K. Arkhitektura, forma, prostranstvo, kompozitsiya [Architecture: Form, space, & order]. Moscow: AST, 2020. 446 p. (transl. from Engl.)
19. Kaganovich N.N., Gridneva E.S. Arkhitekturnoe proektirovanie obshcheobrazovatel'noi shkoly [Architectural design of a secondary school]. Ekaterinburg, 2020. 118 p. (rus)
20. Dialogue Centre to open with statement of apology from UBC. Available: <https://news.ubc.ca/2018/04/06/indian-residential-school-history-and-dialogue-centre-to-open-with-statement-of-apology-from-ubc> (accessed March 22, 2022)
21. Osorina M.V. Sekretnyi mir detei v prostranstve mira vzroslykh [The secret world of children in the adult world]. Saint-Petersburg: Rech', 2007. 276 p. (rus)
22. Moller E. Forfatterhuset Kindergarten. Available: <https://lethgori.dk/forfatterhuset-kindergarten> (accessed March 22, 2022).

Сведения об авторе

Ламехова Наталия Владимировна, канд. архитектуры, доцент, Уральский государственный архитектурно-художественный университет, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 23, lamekhova@mail.ru

Author Details

Natalia V. Lamekhova, PhD, A/Professor, Ural State University of Architecture and Art, 23, Karl Libknekht Str., 620075, Ekaterinburg, Russia, Lamekhova@mail.ru

УДК 711.4-112: 72.035 (470)

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-78-91

*В.М. МЖЕЛЬСКИЙ,
Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет*

ПРОТОКОНСТРУКТИВИЗМ В АРХИТЕКТУРЕ НОВОСИБИРСКА 1917–1927 ГОДОВ

Аннотация. Статья посвящена анализу основных черт архитектуры первого после-революционного десятилетия, процессов и истоков формирования нового стиля – конструктивизма. Этот стиль не сразу занял ведущее место в советской архитектуре, ему предшествовал достаточно сложный и интересный этап творческих поисков, который нуждается в отдельном исследовании.

В то время в Новосибирске было построено значительное количество общественных и административных зданий, что связано с превращением его в административный центр Сибирского края. Это был важный период истории советской архитектуры, когда в столице и регионах велся поиск нового творческого метода, новых принципов архитектурного формообразования, хотя традиционно исследователи уделяли ему меньше внимания, чем сменившему его конструктивизму. Настоящая публикация призвана привлечь внимание к архитектуре этого периода.

В ней представлен интересный фактологический материал по рассматриваемой теме и затронуты основные проблемы, связанные с её изучением. Автор сопоставляет точки зрения различных исследователей на происходящие в то время процессы в отечественной архитектуре и проводит собственный анализ, основанный на собранном материале.

Основными результатами стали выводы о том, что архитектуре исследуемого периода присуща многовекторность и ярко выраженное стремление к рационализму и функционализму при сохранении стилистических черт предшествующей эпохи, что было связано с борьбой различных направлений, а также новыми стилистическими поисками послереволюционного времени.

Ключевые слова: архитектурный стиль, конструктивизм, протоконструктивизм, модерн, неоклассика

Для цитирования: Мжельский В.М. Протоконструктивизм в архитектуре Новосибирска 1917–1927 годов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 78–91.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-78-91

*V.M. MZHEL'SKII,
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering*

PROTO-CONSTRUCTIVISM IN NOVOSIBIRSK ARCHITECTURE IN 1917–1927

Abstract. Purpose: The analysis of the architecture of the first post-revolutionary decade, processes and origins of the new style constructivism. The paper highlights the architecture of this period. **Design/methodology/approach:** Interesting factual material on proto-constructivism and its main problems. Comparison of different viewpoints on the processes in Novosibirsk architecture and the analysis based on the data collected. **Research findings:** This style is preceded by rather an interesting stage of creative research, which needs a special study. At that time, a significant number of public and administrative buildings were built in Novosi-

birsk, which was associated with its transformation to the administrative center of the Siberian Krai. It was an important period in the history of the Soviet architecture, when a search for a new creative method, architectural principles was carried out in the capital and regions, although researchers paid less attention to it than to constructivism. Architecture of post-revolutionary decade is characterized by a multi-vector nature and a pronounced desire for rationalism and functionalism, while still retaining the styles of the previous era associated with the struggle of various directions; new stylistic search for the post-revolutionary period. *Practical implications:* The obtained results contribute to the study of origins of the Soviet avant-garde architecture and can be used in further research and training manuals in the field. *Originality/value:* The analysis of the different viewpoints on the reasons for the Soviet avant-garde architecture development; comparison with the facts; identification of differences between the viewpoints, which is important for further study of this topic.

Keywords: architectural style, constructivism, proto-constructivism, Art Nouveau architecture, neoclassical, architecture

For citation: Mzhelskii V.M. Protokonstruktivizm v arkhitekture Novosibirsk 1917–1927 godov [Proto-constructivism in Novosibirsk architecture in 1917–1927]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 78–91. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-78-91

В связи с происходящими в архитектуре первого послереволюционного десятилетия процессами и поисками в области нового стилеобразования, большой интерес представляет архитектура Новосибирска, превратившегося в то время из незначительного провинциального города в административный центр Сибирского края. Этот период в истории отечественной архитектуры иногда именуют термином «протоконструктивизм», который не получил ещё широкого распространения в научной литературе и нуждается в подробном анализе и определенном уточнении.

Согласно С.О. Хан-Магомедову, протоконструктивизм – это не этап в творческой эволюции тех, кто сам формировал основные творческие течения авангарда (рационализм и конструктивизм), а этап в творчестве тех, кто приобщался к авангарду, ориентируясь на создателей его течений, что это движение через различные стилистические течения и концепции к стилевому единству в рамках архитектурного авангарда [1, с. 638–639].

Таким образом, протоконструктивизм – это более узкое понимание термина «протоавангард», поскольку в советской архитектурной практике авангардное направление, как считается, нашло своё выражение именно в конструктивизме, который стал доминирующим стилем эпохи. В связи с этим необходимо определить, какие факторы влияли на формирование архитектурных стилей того времени и где та точка отсчёта, с которой можно говорить о начале периода протоконструктивизма.

С.О. Хан-Магомедов начинает рассматривать предысторию советского авангарда с эпохи эклектики конца XIX в. и модерна рубежа веков. Зародившийся в недрах эклектики модерн, с его точки зрения, стал тем новым стилем, на который возлагали большие надежды, но который позже был вытеснен неоклассикой. Через этот период неоклассики прошли многие будущие сторонники новаторских течений. Основоположники неоклассики вели

с модерном непримиримую борьбу, как с отвергнутым, эстетически чуждым явлением. В связи с этим С.О. Хан-Магомедов отмечает, что «в советской архитектуре между модерном и новаторскими течениями 1920-х гг. лежала неоклассика, лишившая эти течения преемственной эстетической связи с модерном», что «влияние модерна, значительно ослабленное еще до революции, в первые годы советской власти практически уже не ощущалось в творческих поисках архитекторов» [1, с. 64].

Однако авторы «Истории русского и советского искусства» полагают, что протоконструктивизм зародился именно в рамках стиля модерн, в ходе развития которого постепенно нарастали рационалистические тенденции [2, с. 318–319]. Некоторые постройки Ф.О. Шехтеля 1907–1909 гг. они называют предконструктивистскими, т. к. их архитектурная выразительность целиком зиждется на выявлении конструктивной основы, а застеклённые поверхности огромных окон составляют основной эффект фасада. С этим согласны Б.М. Кириков и М.С. Штиглиц. Именно рационалистическая линия модерна, с их точки зрения, послужила петербургским прологом ленинградского авангарда, хотя между этими двумя периодами нет прямой связи, т. к. после 1910 г. модерн был вытеснен неоклассицизмом, доминировавшим до середины 1920-х гг. и сдерживавшим новаторские искания [3, с. 9]. Но С.О. Хан-Магомедов настаивал на решающей роли течений авангардной живописи и художественного конструирования в процессе формирования нового архитектурного стиля. Он утверждал, что новые конструкции и материалы оказали влияние на художественные поиски советских архитекторов того времени не столько через «рациональную архитектуру», сколько через творчество тех художников, «которые увидели <...> в простых, лишенных декора геометрических формах большие эстетические возможности и основу формирования нового стиля» [1, с. 84].

Но новаторские достижения стиля модерн в архитектуре, например применение металлических и железобетонных конструкций, несомненно, повлияли на дальнейшую архитектурно-строительную практику. Структурные принципы модерна также были взяты на вооружение приверженцами авангардных течений в архитектуре 1920–30-х гг. «Русский модерн» привнес в архитектуру ряд новых принципов формообразования, рационалистических методов функциональной организации пространства, его объемной экономической целесообразности [4]. При этом следует отметить, что рационалистические тенденции прослеживались не только в модерне, но и в сменившей его неоклассике. Особенно это было заметно в творчестве И.А. Фомина, И.А. Голосова, Н.А. Троцкого, экспериментировавших с классическим ордером, упрощавших его [1, с. 77]. И сводить это только к влиянию революции 1917 г. неверно, т. к. подобные процессы происходили в архитектуре Западной Европы и Америки.

Архитектура российской провинции развивалась тем же путём, но со своими особенностями. В предреволюционном Новониколаевске, переименованном в 1926 г. в Новосибирск, неоклассика также потеснила модерн. Сибирский архитектор А.Д. Крячков, который до этого считался приверженцем модерна, в 1912–1914 гг. строит неоклассицистическое здание Делового клу-

ба. Но наибольший интерес в контексте рассматриваемой темы представляет здание филиала Богородско-Глуховской мануфактуры (рис. 1), построенное по проекту А.Д. Крячкова в 1914–1916 гг. на углу улиц Кабинетской (Советской) и Кузнецкой (Ленина). Это здание, надстроенное в 1927–1933 гг. двумя этажами, возводилось с использованием новейших на то время достижений в инженерно-строительной сфере. Это было первое в Новониколаевске здание, имеющее внутренний железобетонный каркас. Его использование позволило максимально осветить торговые залы через большие оконные проемы – витрины. Таким образом, неоклассицистическое декоративное убранство, состоящее из пилястр и полуколонн ионического ордера, сочетаются на фасадах здания с большими остеклёнными поверхностями, придающими ему ультра-современный вид [5, с. 40].



Рис. 1. Здание Богородско-Глуховской мануфактуры (URL: http://bsk.nios.ru/sites/bsk.nios.ru/files/pamyatnye/sovetskaya_33_bogorodsko-gluhovskaya_1916.jpg)

Стиль неоклассики встречается и в архитектуре послереволюционного Новониколаевска-Новосибирска. Но и модерн в своей рационализированной версии сохранил свои позиции в 1920-е гг. в основном в деревянной, реже в каменной архитектуре. Примером этого служило здание Сибмедторга 1925 г. (рис. 2).

Нередко черты модерна в архитектуре той эпохи сочетаются с неоклассическими, образуя с ними единый сплав. При этом наблюдается процесс дальнейшей рационализации архитектурных форм, освобождения их от пут эклектики и неоклассики. Об этом свидетельствуют постройки А.Д. Крячкова этого времени, в частности здание Сибревкома 1925 г. (рис. 3). В композиции его плана, объема и фасада просматриваются черты неоклассики, но в деталях можно видеть приемы модерна. Архитектура здания рациональна с упрощенными классическими ордерными членениями, а широкие окна являются чертой новой нарождающейся архитектуры. Центральный ризалит увенчан массивным объемом антаблемента в виде абсолютно лишенной декора гладкой

стены со ступенчатым аттиком. Схожую архитектурную тему, но ещё более упрощенную, можно встретить на фасаде сельскохозяйственного техникума, построенного А.Д. Крячковым в 1927 г. Пропорции членений и объемно-планировочная структура этого здания классицистические, но традиционные ордерные элементы при этом отсутствуют. По мнению С.Н. Баландина, А.Д. Крячкову, уже имеющему большой практический опыт в архитектуре, было трудно расставаться с традиционализмом и переходить к рационалистическому направлению [4]. Но он проектирует в то время несколько общественных и административных зданий в переходном стиле от рационалистического модерна к конструктивизму, в числе которых здание госучреждений 1923–1924 гг. и Текстильсиндиката 1926 г. [6, с. 181].



Рис. 2. Здание Сибмедтопра (URL: <https://static.tildacdn.com/tild3733-6136-4262-a332-626130303534/18291460.jpg>)



Рис. 3. Здание Сибревкома (URL: http://bsk.nios.ru/sites/bsk.nios.ru/files/books/1280x1024_774.jpg)

Ряд значимых общественных зданий в городе был возведен в этот период новосибирскими инженерами. К их числу относится Дом Ленина (рис. 4), который построили по проекту инженеров И.А. Бурлакова, И.И. Загивко и М.А. Купцова в конце 1925 г. Лаконичный облик здания напоминал монументы первых лет советской власти. Его венчающая часть воспроизводила архитектурные формы Мавзолея Ленина, а ниже центр фасада был оформлен портиком упрощенного монументального дорического ордера, капители колонн которого не имели эхинов [5, с. 50].



Рис. 4. Дом Ленина до реконструкции (URL: <http://bibliofilspb.ru/images2/2014-03/13003103-image1.jpg>)

Ещё один пример – здание Дворца труда (рис. 5), выстроенное в 1926 г. по проекту С.А. Шестова в стиле символического романтизма, представляет собой комплекс, состоящий из нескольких разновысоких примыкающих друг к другу, асимметрично сгруппированных корпусов. Центральная часть главного фасада, имеющего симметричную композицию с упрощёнными ордерными членениями, была фланкирована башнеобразными объемами со стилизованными зубчатыми завершениями и узкими окнами, имитирующими бойницы [Там же, с. 46]. Всё это свидетельствует о сочетании ретроспективного и рационального начала в его архитектуре.

Особый интерес в связи с этим представляло перестроенное ныне здание Текстильсиндиката 1926 г. (рис. 6), архитектура которого характерна для периода перехода от рационалистического модерна к конструктивному. Архитектурный образ его фасадов формируют большие окна и лишенные декора простенки между ними, но в целом объемно-пространственная композиция, членения и парапеты взяты из арсенала модерна и эклектики. От других построек А.Д. Крячкова того времени его отличает свойственная символическо-

му романтизму динамика общей композиции и отход от классицистической трактовки архитектурных форм. В частности, это выразилось в возведении вертикального акцента в виде угловой восьмигранной башни. Возможно, в композициях Текстильсиндиката и не реализованного полностью проекта Дворца труда отразилось увлечение динамическими формами в архитектурных экспериментах послереволюционного времени.



Рис. 5. Строительство Дворца труда в Новосибирске. Фото Л.А. Чернышева, 1927 г. (URL: <https://www.goethe.de/resources/files/jpg966/3-o-12445-4-----.-1927-formatkey-jpeg-w983.jpeg>)



Рис. 6. Здание Текстильсиндиката. Фото 1929 г. (URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/House_of_Textiles%2C_Novosibirsk_002.jpg)

В это же время в городе строились первые рабочие клубы: клуб железнодорожников 1926 г. и Закаменский рабочий клуб 1927 г. Разработка их проектов была связана с поисками архитектурных форм общественных зданий «новой типологии». Архитектурное решение Закаменского рабочего клуба критики считают неудачным, но оно достаточно показательным, т. к. содержит упрощенные ордерные формы, а также объемы и элементы, характерные для рационалистического модерна.

Архитектурные поиски тех лет, начавшиеся с применения железобетонного каркаса и стальных конструкций в строительстве, а также с зарождения авангарда в сценическом, монументальном и производственном искусствах, должны были привести к какому-то результату. Причем результат этот был обусловлен не только творческими поисками отдельных архитекторов, но и внешними обстоятельствами. Большое значение тогда имели социальные факторы. В результате этих поисков, которые велись где-то между требованиями монументальной пропаганды, экономичности и необходимостью создания новых фабрик и комбинатов «машинного века», формировалась новая архитектура, наиболее отвечающая запросам времени.

Стиль новой архитектуры – конструктивизм – является порождением столичной архитектурной школы, во многом связанной в то время с деятельностью ВХУТЕМАСа. Изначально он формировался даже не как стиль, а как творческий метод в результате поисков архитекторов-рационалистов и конструктивистов и их полемических споров. Несмотря на некоторые различия во взглядах, их объединяла нелюбовь к историзму и украшательству в архитектуре. Творческое объединение архитекторов-рационалистов Ассоциация новых архитекторов (АСНОВА) появилось в 1923 г., а через два с лишним года, в конце 1925 г., было учреждено Общество современных архитекторов (ОСА) – организация архитекторов-конструктивистов. Тогда же начал издаваться журнал «Современная архитектура», пропагандирующий их идеи. Считается, что первым конструктивистским проектом был проект Дворца труда братьев Весниных 1923 г. И с этого времени новый стиль стал завоевывать прочные позиции среди прогрессивной архитектурной общественности. И происходило это во многом благодаря архитектурным конкурсам, отражающим наиболее адекватные времени архитектурные веяния. Рационалисты и многие архитекторы других направлений усваивали внешнестилевую систему формообразующих средств конструктивизма и использовали её в своём творчестве. Споры шли в основном вокруг творческого метода по поводу того, что ставить во главу угла архитектурного творчества: форму или функцию.

В Новосибирске первые конструктивистские здания появляются в 1926 г. А годы первой пятилетки с 1928 по 1932 г. уже прошли при тотальном господстве стиля конструктивизм в архитектуре. Путь А.Д. Крячкова и других новосибирских архитекторов к конструктивизму проходил в условиях проводившихся всесоюзных архитектурных конкурсов. Благодаря им, а также деятельности ОСА сформировавшийся в столичной архитектуре стиль конструктивизм проник и в другие города Советского Союза. В 1920-е гг. А.Д. Крячков почти непрерывно участвует в архитектурных конкурсах [4], и во многом благодаря этому в его профессиональном мировоззрении отрабатывались новые творче-

ские концепции зодчества, в соответствии с новым социальным заказом. В годы первого послереволюционного десятилетия Крячков часто использует в своих проектах формы и принципы архитектуры неоклассики, часто упрощая и модернизируя их, что видно на примере Совкино (1924 г.), Сибревкома (1925 г.) и др. Но в 1926 г. он строит здание Сибкрайсоюза (рис. 7), которое уже напоминает конструктивистское, однако в его лаконичных формах всё ещё заметно влияние неоклассицизма и модерна: ордер в традиционном виде уже отсутствует, но сохранена общая композиция и применены отдельные приемы, характерные для ордерной архитектуры. Здесь видно, что архитектор в своей практике уже приблизился к освоению конструктивистского творческого метода и новых прицелов формообразования, он деликатно экспериментирует в поиске предельной рационализации архитектурных форм, не отказываясь от своего бывшего профессионального опыта. С.Н. Баландин относит здание Сибкрайсоюза к образцам архитектуры переходного периода от рационалистического модерна к конструктивизму, отмечая при этом, что центральная повышенная часть его фасада по композиции близка приёмам классической ордерной архитектуры, но имеет схематичную трактовку при почти полном отсутствии каких-либо пластических начал [7 с. 168].



Рис. 7. Здание Сибкрайсоюза (URL: <http://bibliofilspb.ru/images2/2014-03/13003107-image1.jpg>)

Однако в том же 1926 г. А.Д. Крячков строит жилой дом по адресу ул. Урицкого, 15, в стиле модерн (рис. 8), обращаясь к своему дореволюционному архитектурному опыту [5, с. 76]. При взгляде на это надстроенное в 1932–1935 гг. двумя этажами здание возникает ощущение, что эпохи конструктивизма в Новосибирске словно бы и не бывало. Его архитектурные формы свидетельствуют об исторической преемственности, а не об авангард-

ной революции. Примечательно, что и при строительстве здания универмага НовСибТПО 1927 г. (рис. 9), которое выглядит почти конструктивистским, И.А. Бурлаков переработал свой нереализованный проект «Банк взаимного кредита» в стиле рационалистического модерна [5, с. 74], что указывает на те же истоки стиля его архитектуры.



Рис. 8. Жилой дом на ул. Урицкого, 15, до надстройки двумя этажами (URL: https://pastvu.com/_p/a/2/m/1/2m1qf5do8naaakdicz.jpg)



Рис. 9. Здание универмага НовСибТПО (URL: <https://i.mycdn.me/i?r=AyH4iRPQ2q0otWIFepML2LxRk78r86WlIJFwXdrwt8G2SA>)

Но следующая работа А.Д. Крячкова – здание Госбанка 1929–1930 гг. – уже целиком относится к архитектуре конструктивизма (рис. 10). Данное об-

стоятельство свидетельствует о его переходе в то время на позиции новой архитектуры, но, несмотря на те успехи, которых ему удалось добиться, это был не его стиль. Конструктивистский период в творческой биографии А.Д. Крячкова был недолгим и скорее являлся неким профессиональным опытом, а не увлечением и не убежденной приверженностью. Его обращению к этому стилю в тот период способствовало не только участие в архитектурных конкурсах, но и конкретные государственные заказы, изучение новой промышленной архитектуры, сотрудничество с архитекторами нового поколения, активно отстаивающими и воплощающими свои идеи.

Так, в 1928 г. в Новосибирск приезжает Б.А. Гордеев – молодой талантливый архитектор-конструктивист, ученик В.А. Веснина, который в дальнейшем участвовал в строительстве многих зданий, определивших лицо города 1930-х гг. В сотрудничестве с ним и его товарищем-единомышленником С.П. Тургеневым А.Д. Крячков спроектировал и построил конструктивистское здание Крайисполкома в 1930–1932 гг. Но и проект своего первого чисто конструктивистского здания в Новосибирске, здания Госбанка, Крячков выполнил по поручению администрации города. Он должен был, согласно итогам проведенного конкурса, разработать окончательный вариант проекта, используя архитектурные идеи премированных конкурсных проектов Г.Б. и М.Г. Бархиных и М.Я. Гинзбурга. И было это связано с сокращением программы проекта в целях уменьшения кубатуры здания, сметной стоимости и объемов строительных работ в сложившихся условиях.



Рис. 10. Здание Госбанка. Фото 1931 г. (URL: https://pastvu.com/_p/a/f/z/p/fzpwiy8gddw8nnysf0.jpg)

Известно также, что в конце 1920-х гг. А.Д. Крячков и К.К. Лыгин подвергались критике со стороны студентов Сибирского технологического института (СТИ) и участников Томского отделения Объединения современных архитекторов (ОСА). Будучи профессорами института и представителями до-

революционной архитектурной школы, они критиковались именно за то, что не поддерживали авангардное архитектурное направление – конструктивизм, выражали сомнения по поводу целесообразности плоских крыш, больших площадей стекла в условиях сибирского климата и т. п. В состав томской группы ОСА входили Н.С. Кузьмин и Д.М. Агеев, ставшие впоследствии выдающимися сибирскими архитекторами [8 с. 169].

На страницах журнала «Современная архитектура» Крячкова обвиняли в мелкобуржуазности, «погоне за красивой внешней формой архитектурного сооружения в ущерб и экономике, и его внутреннему содержанию» [Там же, с. 170]. Кроме того, архитектура многих проектов и выстроенных в то время в Новосибирске зданий получила определение «выхолощенного ампира», «грубых, скверно выполненных эклектических сооружений, замаскированных фразами о новой архитектуре в духе конструктивизма» [9 с. 36]. И возможно, подобная критика со стороны «современных архитекторов» посодействовала тому, что в конце 1920 – начале 1930-х гг. под руководством А.Д. Крячкова студенты создавали курсовые и дипломные работы в «весьма эффектном» конструктивистском ключе [8 с. 170].

Таким образом, период протоконструктивизма в архитектуре Новосибирска связан с его преобразованием в столицу Сибирского края согласно постановлению ВЦИК от 25 мая 1925 г. и бурным ростом его населения. В эти годы было построено значительное количество общественных зданий, в облике которых отразились архитектурные поиски, идеология и потребности тех послереволюционных лет. Вместе с тем менялись масштабы застройки города, он приобретал столичные черты, соответствующие новому статусу. Архитектура становилась другой, она уже своими формами в той или иной степени предвосхищала появление нового доминирующего стиля первой пятилетки. Но при этом в ней отразилась борьба различных тенденций и инерция предшествующего дореволюционного периода. Не каждая из этих тенденций вела в итоге к конструктивизму, некоторые из них свидетельствовали о развитии некой альтернативы ему, временно вытесненной им на обочину архитектурной истории.

В частности, Н.П. Журин называет протоконструктивистский период в советской архитектуре терминами «протоардеко» и «ранний ар-деко» [10, с. 66–67]. Он анализирует эту стадию стилистического развития послереволюционной архитектуры в основном на примере творчества А.Д. Крячкова. При этом термин «ар-деко», который в узком изначальном смысле этого слова является названием стиля, заявившего о себе во Франции в 1925 г., обозначает здесь стилистическое явление, объединяющее определённые схожие черты в интернациональной архитектуре того времени, и рассматривается достаточно широко как некая тенденция в авангарде, противопоставляемая конструктивизму и функционализму и связанная с рационализацией модерна и «супрематизацией» ордерных форм. В раннем ар-деко, как отмечает Н.П. Журин, причудливо соединились элементы стиля модерн с упрощёнными, brutальными формами. Таким образом, стилистика «протоардеко» явилась своеобразным НЭПом в архитектуре, когда конструктивизм ещё только начинал складываться в модернистскую революционную идеологию в архитектуре, но ещё не готов был

занять господствующее общегосударственное положение. Стилистические приемы ар-деко являлись многовекторными по своей сути [10]. Так, например, в постройках А.Д. Крячкова были использованы и некоторые лаконичные мотивы исторических стилей: древнеегипетские в здании Сибревкома и греческой дорики в интерьере здания Сибирского подворья, что говорит о продолжении традиций историзма и эклектики в архитектуре того времени. Вместе с тем из архитектурной стилистики удалялась прежняя манерность, характерная для до-революционного модерна, которая, как тогда считалось, не соответствовала духу времени. Но позже, во второй половине 1920-х гг., эти упрощенные, порой «супрематизированные» ордерные формы в духе «красной дорики» или «пролетарской классики», ставшей своеобразным компромиссом в архитектуре переходного периода, уступили место более радикальным в идеологическом и архитектурном плане идеям чистого конструктивизма – аналога западного функционализма. Большинство зданий, выстроенных в то время в Новосибирске, не сохранили свой первоначальный облик, но это был важный и интересный этап в истории его архитектуры.

С.О. Хан-Магомедов также отмечал, что эпохе расцвета и доминирования сложившегося архитектурного стиля, как правило, предшествует переходный период эклектики – многостилия, связанного с конкурентными поисками этого нового стиля [1, с. 8, 639], который продолжается до тех пор, пока эти поиски не приводят к стилистическому единству в рамках выработанного стиля, наиболее адекватного вкусам и требованиям своего времени. Это наблюдается в истории советской архитектуры 1920-х гг., когда эпохе конструктивизма предшествует период протоконструктивизма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хан-Магомедов С.О. Архитектура советского авангарда. Книга первая. Проблемы формообразования. Мастера и течения. Москва : Стройиздат, 1996. 712 с.
2. История русского и советского искусства / под ред. Д.В. Сарабьянова. 2-е изд. Москва : Высшая школа, 1989. 448 с.
3. Кириков Б.М., Штиглиц М.С. Архитектура ленинградского авангарда. Путеводитель. Санкт-Петербург : Коло, 2008. 384 с.
4. Баландин С.Н. Архитектор Крячков — от традиционализма к рационализму. URL: <http://nsk.novosibdom.ru/node/275>
5. Невзгодин И.В. Архитектура Новосибирска. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005. 204 с.
6. Памятники архитектуры Новосибирской области. Кн. 1: г. Новосибирск. 3-е изд. перераб. Новосибирск : НПЦ, 2011. 278 с.
7. Невзгодин И.В. Конструктивизм в архитектуре Новосибирска. Новосибирск : Изд-во НГАХА, 2013. 320 с.
8. Атапин И.И. «Настоящие конструктивисты»: борьба за «новую архитектуру» в Томске в конце 1920-х годов // Баландинские чтения. 2017. Т. XII. С. 169–172. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nastoyaschie-konstruktivisty-borba-za-novuyu-arhitekturu-v-tomske-v-kontse-1920-h-godov>
9. Баландин С.Н., Ваганова О.П. Сибирский архитектор А.Д. Крячков. Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1973. 53 с.
10. Журин Н.П. Стилистика ар-деко в архитектуре Новосибирска — до и после конструктивизма // Вестник Томского государственного-архитектурно-строительного университета. 2016. № 6. С. 65–72. URL: <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/243/244>

REFERENCES

1. *Khan-Magomedov S.O.* Arkhitektura sovetского avangarda. Kniga pervaya. Problemy formoobrazovaniya. Mastera i techeniya [Soviet avant-garde of architecture. Book 1. Problems of shaping. Masters and trends]. Moscow: Stroyizdat, 1996. 712 p. (rus).
2. *Sarabyanov D.V. (Ed.)* Istoriya russkogo i sovetского iskusstva [History of Russian and Soviet Art], 2nd edition. Moscow: Vysshaya shkola, 1989. 448 p. (rus)
3. *Kirikov B.M., Stiglitz M.S.* Arkhitektura leningradского avangarda. Putevoditel'. [Leningrad avant-garde architecture. Guide]. Saint-Petersburg: Kolo, 2008. 384 p. (rus)
4. *Balandin S.N.* Arkhitekt Kryachkov – ot traditsionalizma k ratsionalizmu [Architect Kryachkov: From traditionalism to rationalism]. Available: <http://nsk.novosibdom.ru/node/275> (rus)
5. *Nevzgodin I.V.* Arkhitektura Novosibirsk [Architecture of Novosibirsk]. Novosibirsk, 2005. 204 p. (rus)
6. *Pamyatniki arkhitektury Novosibirskoy oblasti.* Kn. 1: g. Novosibirsk [Monuments of architecture of the Novosibirsk region. Book 1. The City of Novosibirsk], 3rd edition. Novosibirsk: SPC, 2011. 278 p. (rus)
7. *Nevzgodin I.V.* Konstruktivizm v arkhitekture Novosibirsk. [Constructivism in Novosibirsk architecture]. Novosibirsk, 2013. 320 p. (rus)
8. *Atapin I.I.* Nastoyashchiye konstruktivisty: bor'ba za "Novuyu arkhitekturu" v Tomske v kontse 1920-kh godov [Real constructivists: Struggle for "New Architecture" in Tomsk late in the 1920s]. In: Balandinskiye chteniya (*Coll. Papers in memory of S.N. Balandin 'Balandin Readings'*). 2017. V. 12. Pp. 169–172. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/nastoyashchie-konstruktivisty-borba-za-novuyu-arhitekturu-v-tomske-v-kontse-1920-h-godov> (rus)
9. *Balandin S.N., Vaganova O.P.* Sibirskiy arkhitekt A. D. Kryachkov [Siberian architect A.D. Kryachkov]. Novosibirsk, 1973. 53 p. (rus)
10. *Zhurin N.P.* Stilistika ar-deko v arkhitekture Novosibirsk – do i posle konstruktivizma [Art Deco style in architecture of Novosibirsk before and after constructivism]. *Vestnik Tomsk State University of Architecture and Building*. 2016. No. 6. Pp. 65–72 (rus)

Сведения об авторе

Мжельский Виктор Михайлович, канд. искусствоведения, доцент, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, vickt.mj@yandex.ru

Author Details

Viktor M. Mzhelskii, PhD, A/Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, vickt.mj@yandex.ru

УДК 725.82

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-92-98

*Е.С. ДУХАНИНА,**Новосибирский государственный университет**архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова*

ИСТОРИОГРАФИЯ АРХИТЕКТУРЫ ДВОРЦОВ КУЛЬТУРЫ И КЛУБНЫХ ЗДАНИЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКА, ТОМСКА, ОМСКА)

Аннотация. Вопрос реновации клубных зданий в современной России возник еще в 1990-х гг., однако существенные реформы в сфере объектов культуры произошли только в 2013 г. Чтобы сохранить и улучшить существующую систему клубных зданий, необходимо актуализировать знания в области строительства клубных зданий Сибири.

В статье рассматривается проблема формирования сибирского клубного здания в советской и современной теории архитектуры. В исследованиях градостроительных и региональных особенностей архитектуры клубных зданий Сибири выделяют градостроительную роль клубов, их влияние на застройку сибирских городов, перспективу строительства.

Другая крупная группа исследований связана со стилистическими особенностями зданий клубов. Здания клубов рассматривают как памятники архитектуры сталинской эпохи, конструктивизма и творческой концепции АСНОВА-АРУ.

Ключевые слова: историография архитектуры клубов, клубные здания Сибири, дворцы культуры Сибири

Для цитирования: Духанина Е.С. Историография архитектуры дворцов культуры и клубных зданий Сибири (на примере Новосибирска, Томска, Омска) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 92–98.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-92-98

*E.S. DUKHANINA,**Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts*

ARCHITECTURE OF PALACES OF CULTURE AND CLUB BUILDINGS IN SIBERIA (NOVOSIBIRSK, TOMSK, OMSK)

Abstract. The problem of renovation of club buildings in modern Russia dates back to the 1990s. However, significant reforms in the sphere of cultural objects occurred only in 2013. In order to preserve and improve the existing system of club buildings, it is necessary to update knowledge in the field of club building construction in Siberia.

The article studies the formation of Siberian club building in the Soviet and modern theory of architecture. The studies of urban planning and regional architecture of Siberian club buildings distinguish their influence on the development and construction of Siberian cities. Other investigations include the architectural style of club buildings. The latter are regarded as Stalinist architectural monuments, constructivism and creative concept ASNOVA-ARU.

Keywords: club architecture, club buildings in Siberia, palaces of culture

For citation: Dukhanina E.S. Istoriografiya arkhitektury dvortsov kul'tury i klubnykh zdaniy Sibiri (na primere Novosibirska, Tomska, Omska) [Architecture of palaces of culture and club buildings in Siberia (Novosibirsk, Tomsk, Omsk)]. Vestnik

Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 92–98.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-92-98

Клубные здания в России появились в 1770 г. как закрытые объединения для обмена политическими и городскими новостями, возможности получать важные знакомства и доступ к популярной отечественной и зарубежной литературе. Массовое и открытое распространение в России клубы получили в начале XX в. как учреждения для культурно-воспитательной работы рабочих, позднее добавлялись функции клуба и контингент. Клубное здание включало в себя две основные функциональные части: зрелищную и культурно-развлекательную. Они соответствовали основным назначениям здания. Этот тип строения сразу стал одним из самых востребованных в СССР, постоянно менялся и актуализировался в течение XX в.

Вопрос реновации клубных зданий в современной России возник еще в 1990-х гг., однако существенные реформы в сфере объектов культуры произошли только в 2013 г. Система дворцов культуры строилась по всей стране на протяжении длительного периода времени с учетом социокультурных, архитектурных, градостроительных и географических условий. Важно сохранить эту систему, однако необходимо актуализировать знания в области строительства клубных зданий, чтобы иметь комплексное представление о типологии клубов и их объемно-пространственных композиций. Для этого требуется проанализировать историографию архитектуры клубов и дворцов культуры.

Архитектура рабочих клубов и дворцов культуры Сибири специально никогда не исследовалась до 2000-х гг. Ранние исследования были посвящены общей типологии клубов по всей территории СССР, градостроительному, композиционному и объемно-планировочному решению зданий дворцов культуры (труды М.Г. Бархина, Я.А. Корнфельда, В.Э. Хазановой, С.О. Хан-Магомедова, В.Л. Кулага и др.). Также были исследователи, которые рассматривали клубы мастеров советской архитектуры (А.Г. Бархина, В.В. Кириллов, Г.Д. Ощепков, А.А. Стригалева, С.О. Хан-Магомедов, А.Г. Чиняков и пр.). Для написания настоящей статьи были изучены соответствующие теме монографии, статьи из сборников региональных конференций. Комплексные исследования, посвященные общей истории архитектуры городов Сибири, в настоящей статье не рассматриваются.

Проблема исследования заключается в отсутствии комплексного представления об эволюции архитектуры клубных зданий в Сибири.

Цель исследования – проанализировать проблему формирования сибирского клубного здания в советской и современной теории архитектуры.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать труды, в которых есть упоминания о градостроительных или региональных особенностях размещения клубных зданий в Сибири.
2. Изучить работы, посвященные стилистическим особенностям сибирских клубов и дворцов культуры.

Исследований архитектуры рабочих клубов Сибири крайне мало. Первые упоминания о клубных зданиях в Сибири можно обнаружить в исследо-

ваниях 1980-х гг. Были и более ранние труды, посвященные истории архитектуры отдельных крупных городов Сибири (Омска, Томска и Новосибирска), однако упоминаний о клубах и дворцах культуры в них нет.

Градостроительные и региональные особенности размещения клубных зданий

Большой вклад в изучение истории и градостроительства Новосибирска внес Сергей Николаевич Баландин. Он описал появление первых рабочих клубов Новосибирска, их архитектурное и композиционное решение в структуре города [1, 2]. Также градостроительную роль клубных зданий в сибирском городе описывал Борис Иосифович Оглы в книге «Строительство городов Сибири». Он отметил, что «планировочная структура жилых районов в послевоенное время строилась на принципах регулярной квартальной схемы с выделением в общей композиции плана одной или двух пересекающихся главных улиц, площади или курдонера с крупным общественным зданием клуба или Дворца культуры» [3].

Историю г. Омска и его развитие до 1960-х гг. описал в своих трудах Виктор Ильич Кочедамов. В его книге «Омск. Как рос и строился город» [4] упоминается о первом рабочем клубе Омска, а также встречаются прогнозы автора о перспективах роста города, среди которых отмечалось намерение строительства Дворца химиков с залом на 1200 мест.

Региональные особенности размещения клубных зданий в Сибири рассматривались в исследовании, посвященном клубному строительству в РСФСР. В 1990-е гг. авторским коллективом – Е.К. Милашевской, Н.Е. Прянишниковым, М.Р. Савченко – был проведен анализ системы клубов РСФСР. В книге «Клубы» представлены результаты анализа городской и сельской сети клубов по 71 административно-территориальной единице РСФСР, который осуществлялся на основе данных за 1983 г. [5]. По итогам исследования региональных закономерностей функционирования клубов в городе Новосибирская и Омская области заняли среднее положение по активности посещений клубов. Томскую область отнесли к областям с низким потенциалом клубного потребления. По обеспеченности местами в залах клубов неблагоприятное положение заняла Томская область, а в Новосибирской и Омской областях обеспеченность оказалась близка к средней.

Среди современных работ необходимо выделить исследования в области градостроительных решений Новосибирска Г.Н. Туманика, М.Р. Колпаковой [6]. В их трудах освещаются вопросы градостроительной роли клубов, их влияния на застройку Новосибирска. В работе А.В. Жидченко [7] рассматривается роль Дома ученых и нереализованного проекта Дворца молодежи в строительстве Академгородка в Новосибирске. Дом ученых в Томске и его роль в жизни научного сообщества города рассматривали С.Ф. Фоминых, А.О. Степнов, А.В. Литвинов [8]. Факторы формирования архитектурно-планировочной структуры домов культуры в Новосибирске исследовали П.С. Макиянская, М.В. Скуднева [9].

Социальную роль клубов, их место и роль в социокультурной инфраструктуре изучали И.А. Шепелев [10], М.Т. Крючков, А.А. Конов [11]. В тру-

дах И.В. Невзгодина [12], посвященных архитектуре Новосибирска, детально рассмотрены некоторые архитектурные постройки Новосибирска, в том числе клуб железнодорожников, клуб Союза совторгслужащих, Аэроклуб, спортивный клуб «Динамо», Дом ученых Сибирского отделения РАН в Академгородке. Прежде всего, автор рассматривает стилистику зданий, их художественный и архитектурный образ, композиционное решение.

Краткие исторические справки о дворцах культуры и клубах Омска встречаются в Энциклопедии города Омска [13], в исследованиях Н.И. Лебедевой, С.В. Черноок [14].

Стилистические особенности клубных зданий

Здания дворцов культуры и клубов рассматриваются в работах, посвященных определенным стилям в архитектуре сибирских городов. Главной темой части исследований является конструктивизм в Новосибирске – одно из главных направлений в архитектуре столицы Сибири первой четверти XX в. Конструктивизм в архитектуре Новосибирска изучали И.В. Невзгодина, А.Е. Гашенко, конструктивизм на примере рабочих клубов рассматривали С.С. Духанов, Н.П. Журинов [15, 16].

Также архитектура рабочих клубов затрагивается в работах И.В. Добкина, посвященных творческой концепции АСНОВА-АРУ и ее реализации в архитектуре Новосибирска 1920–30-х гг. [17, 18].

Здания дворцов культуры как памятники архитектуры сталинской эпохи в Новосибирске и Омске рассматривал в своих исследованиях В.С. Кузеванов [19]. Также упоминания о дворцах культуры Омска присутствуют в его работе об архитектуре Омска послевоенного периода, в которой автор затрагивает тенденции стилиобразования зданий [20].

Выводы

Таким образом, историография сибирских клубных зданий содержит в себе труды по двум основным направлениям: 1) градостроительные особенности размещения клубных зданий; 2) стилистические особенности зданий клубов и дворцов культуры в Сибири. Следует отметить, что исследований по архитектуре клубов Новосибирска представлено больше, чем по архитектуре клубов Томска и Омска.

Новосибирск и Омск зарождались как промышленные города, в то время как Томск создавался как административный и стратегический военный центр. В работах, посвященных градостроительным особенностям размещения клубов, уделяется внимание рабочим клубам Новосибирска и Омска как части соцгородков для рабочих. Некоторые исследования архитектуры Новосибирска посвящены изучению рабочих клубов и относятся к довоенному периоду. Кроме того, на примере Новосибирска и Томска можно проследить влияние Дома ученых на градостроительную ситуацию этих городов.

Стилистические особенности зданий клубов и дворцов культуры Сибири изучены мало, особенно это касается Томска, где особым научным интересом пользуется деревянное зодчество. В литературе по стилиобразованию сибирской архитектуры есть отдельные исследования, посвященные конструк-

тивизму, ар-деко, архитектуре сталинской эпохи, творческой концепции АСНОВА-АРУ.

Следует отметить, что представленные исследования охватывают период с 1900 до 1960-х гг., дальнейшее развитие клубного строительства в Сибири остается неисследованным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баландин С.Н.* История градостроительства 1893–1945 гг. Т. 1. Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1978. 294 с.
2. *Баландин С.Н.* История градостроительства 1845–1985 гг. Т. 2. Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1986. 180 с.
3. *Оглы Б.И.* Строительство городов Сибири. Ленинград : Стройиздат, Лен. отд-ние, 1980. С. 272.
4. *Кочедамов В.С.* Омск. Как рос и строился город. Омск : Омскбланкиздат, 1960. С. 108.
5. *Милашевская Е.С., Прянишников Н.Е., Савченко М.Р.* Клубы. Москва : Стройиздат. 1990. 247 с.
6. *Туманик Г.Н., Колтакова М.Р.* Мы проектируем город. Новосибиргражданпроект: 1970–1980-е годы. Новосибирск : НГУАДИ, 2018.
7. *Жидченко А.В.* Дом ученых и Дворец молодежи: реализованный и нереализованный проект ленинградских и новосибирских архитекторов в Академгородке // Баландинские чтения. 2016. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dom-uchenyh-i-dvorets-molodezhi-realizovannyi-i-nerealizovannyi-proekt-leningradskih-i-novosibirskih-arhitektorov-v-akademgorodke> (дата обращения: 31.01.2022).
8. *Фоминых С.Ф., Степнов А.О., Литвинов А.В.* Дом ученых в жизни научного сообщества г. Томска (1926–1941 гг.) // Вестник Томского государственного университета. 2016. № 408. С. 153–160. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dom-uchyonyh-v-zhizni-nauchno-go-soobshchestva-g-tomska-1926-1941-gg> (дата обращения: 03.02.2022).
9. *Макиянская П.С., Скуднева М.В.* Факторы формирования архитектурно-планировочной структуры домов культуры в г. Новосибирске // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. № 23 (5). С. 50–58.
10. *Шепелев И.А.* Специфика организации досуга и просветительной работы среди работников железнодорожной отрасли СССР во второй половине 1960-х – первой половине 1980-х гг. // Вестник Омского университета. Серия «Исторические науки». 2018. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-organizatsii-dosuga-i-prosvetitelnoy-raboty-sredi-rabotnikov-zheleznodorozhnoy-otrasli-sssr-vo-vtoroy-pолоvine-1960-h-pervoy> (дата обращения: 26.01.2022).
11. *Крючков М.Т., Конов А.А.* Развитие социокультурной инфраструктуры железнодорожного транспорта на Урале в 1956–1991 гг. // Фундаментальные исследования. 2013. № 8. С. 991–997.
12. *Невзгодин И.В.* Архитектура Новосибирска. Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, 2005. 203 с.
13. *Энциклопедия города Омска.* В 3 томах. Т. 1. Гл. 13 / под ред. Г.А. Павлова, Л.В. Новоселовой, С.Г. Сизова. Омск : Лео. 2009.
14. *Лебедев Н.И., Черноок С.В.* Краткая историческая справка по клубным зданиям // История архитектуры и градостроительства Омска 1917–1991 гг. С. 591.
15. *Духанов С.С.* Архитектура рабочих клубов и дворцов культуры города Новосибирска 1920 – первой половины 1950-х гг. : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Новосибирск, 2006.
16. *Духанов С.С.* Изучение архитектуры рабочих клубов и дворцов культуры Новосибирска первой половины XX века по материалам городских архивов и музеев // Альманах современной науки и образования. 2007. № 7. С. 53–54.
17. *Добкин И.В.* Творческая концепция АСНОВА-АРУ и ее реализация в архитектуре Новосибирска 1920–1930-х гг. // Баландинские чтения: сборник научных чтений памяти С.Н. Баландина. 2016. Т. 11. С. 277–280.

18. Добкин И.В. К вопросу изучения концепции АСНОВА-АРУ на материале Новосибирска // Региональные архитектурно-художественные школы. 2017. № 1. С. 142–147.
19. Кузеванов В.С. Памятники архитектуры сталинской эпохи в крупном сибирском городе // Баландинские чтения: сборник научных чтений памяти С.Н. Баландина. 2013. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pamyatniki-arhitektury-stalinskoj-epohi-v-krupnom-sibirskom-gorode> (дата обращения: 26.01.2022).
20. Кузеванов В.С. Сталинский ампи́р – стиль архитектурного пространства Омска 1930–50-х гг. // Баландинские чтения: сборник научных чтений памяти С.Н. Баландина. 2011. № 1. С. 67–69.

REFERENCES

1. Balandin S.N. Istoriya gradostroitel'stva 1893–1945 gg [History of urban planning 1893–1945], vol. 1. Novosibirsk, 1978. 294 p. (rus)
2. Balandin S.N. Istoriya gradostroitel'stva 1845–1985 gg [History of urban planning 1845–1985], vol. 2. Novosibirsk, 1986. 180 p. (rus)
3. Ogly B.I. Stroitel'stvo gorodov Sibiri [Building cities in Siberia]. Leningrad: Stroiizdat, 1980. P. 272. (rus)
4. Kochedamov V.S. Omsk. Kak ros i stroilsya gorod [Omsk. How the city grew and was built]. Omsk: Omskblankizdat, 1960. P. 108. (rus)
5. Milashevskaya E.S., Pryanishnikov N.E., Savchenko M.R. Kluby [Clubs]. Moscow: Stroiizdat, 1990. 247 p. (rus)
6. Tumanik G.N., Kolpakova M.R. My proektiruem gorod. Novosibgrazhdanproekt: 1970–1980-e gody [We design the city. Novosibgrazhdanproekt: 1970s–1980s]. Novosibirsk, 2018. (rus)
7. Zhidchenko A.V. Dom uchenykh i Dvoretz molodezhi: realizovannyi i nerealizovannyi proekt leningradskikh i novosibirskikh arkhitektorov v Akademgorodke [House of Scientists and Youth Palace: A project by architects from Leningrad and Novosibirsk completed and incompleted in Akademgorodok]. Balandinskie chteniya (Coll. Papers in memory of S.N. Balandin 'Balandin Readings'). 2016. No. 11. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/dom-uchenykh-i-dvoretz-molodezhi-realizovannyi-i-nerealizovannyi-proekt-leningradskikh-i-novosibirskikh-arhitektorov-v-akademgorodke> (accessed January 31, 2022). (rus)
8. Fominykh S.F., Stepnov A.O., Litvinov A.V. Dom uchenykh v zhizni nauchnogo soobshchestva g. Tomsk (1926–1941 gg.) [House of Scientists in the Life of Tomsk's Scientific Community (1926–1941)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. No. 408. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/dom-uchenykh-v-zhizni-nauchnogo-soobshchestva-g-tomsk-1926-1941-gg> (accessed February 3, 2022). Pp. 153–160. (rus)
9. Makiyanskaya P.S., Skudneva M.V. Faktory formirovaniya arkhitekturno-planirovochnoi struktury domov kul'tury v g. Novosibirske [Architecture and planning factors of houses of culture in Novosibirsk]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 5. Pp. 50–58. (rus)
10. Shepelev I.A. Spetsifika organizatsii dosuga i prosvetitel'noi raboty sredi rabotnikov zheleznodorozhnoi otrasli SSSR vo vtoroi polovine 1960-kh – pervoi polovine 1980-kh gg. [Organisation of leisure and education among employees of the USSR railway industry late in the 1960s and early 1980s]. Vestnik Omskogo universiteta. Seriya "Istoricheskie nauki". 2018. No. 3. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-organizatsii-dosuga-i-prosvetitel'noy-raboty-sredi-rabotnikov-zheleznodorozhnoy-otrasli-sssr-vo-vtoroy-polovine-1960-h-pervoy> (accessed January 26, 2022). (rus)
11. Kryuchkov M.T., Konov A.A. Razvitie sotsiokul'turnoi infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta na Urale v 1956–1991 gg. [Development of the socio-cultural infrastructure of railway transport in the Urals between 1956 and 1991]. Fundamental'nye issledovaniya. 2013. No. 8. Pp. 991–997. (rus)
12. Nevzgodin I.V. Arkhitektura Novosibirska [Novosibirsk architecture]. Novosibirsk, 2005. 203 p. (rus)
13. Pavlov G.A., Novoselova L.V., Sizov S.G. (Eds.) Entsiklopediya goroda Omska [Encyclopaedia of the city of Omsk], in 3 vol., vol. 1. Omsk: Leo, 2009. (rus)

14. Kratkaya istoricheskaya spravka po klubnym zdaniyam N.I. Lebedeva, S.V. Chernook [Brief historical overview of club buildings by N.I. Lebedeva, S.V. Chernook]. In: *Istoriya arkhitektury i gradostroitel'stva Omska 1917–1991 gg.* P. 591. (rus)
15. *Dukhanov S.S. Arkhitektura rabochikh klubov i dvortsov kul'tury goroda Novosibirska 1920 – pervoi poloviny 1950-kh gg.: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata arkhitektury* [Architecture of workers' clubs and palaces of culture in Novosibirsk in the 1920s to the 1950s]. Novosibirsk, 2006. (rus)
16. *Dukhanov S.S. Izucheniye arkhitektury rabochikh klubov i dvortsov kul'tury Novosibirska pervoi poloviny KhKh veka po materialam gorodskikh arkhivov i muzeev* [Architecture of workers' clubs and palaces of culture in Novosibirsk in the 20th century]. *Al'manakh sovremennoi nauki i obrazovaniya*. 2007. No. 7. Pp. 53–54. (rus)
17. *Dobkin I.V. Tvorcheskaya kontseptsiya ASNOVA-ARU i ee realizatsiya v arkhitekture Novosibirska 1920–1930-kh gg.* [ASNOVA-ARU creative concept and its implementation in architecture of Novosibirsk in the 1920s and 1930s]. *Balandinskie chteniya: sbornik nauchnykh chtenii pamyati S.N. Balandina (Coll. Papers in memory of S.N. Balandin 'Balandin Readings')*. 2016. V. 11. Pp. 277–280. (rus)
18. *Dobkin I.V. K voprosu izucheniya kontseptsii ASNOVA-ARU na materiale Novosibirska* [Towards the ASNOVA-ARU concept in Novosibirsk]. *Regional'nye arkhitekturno-khudozhestvennye shkoly*. 2017. No. 1. Pp. 142–147. (rus)
19. *Kuzevanov V.S. Pamyatniki arkhitektury stalinskoi epokhi v krupnom sibirskom gorode* [Stalinist architectural monuments in a major Siberian city]. *Balandinskie chteniya: sbornik nauchnykh chtenii pamyati S.N. Balandina (Coll. Papers in memory of S.N. Balandin 'Balandin Readings')*. 2013. No. 1. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/pamyatniki-arhitektury-stalinskoy-epokhi-v-krupnom-sibirskom-gorode> (accessed January 26, 2022). (rus)
20. *Kuzevanov V.S. Stalinskii ampir – stil' arkhitekturnogo prostranstva Omska 1930–50-kh gg.* [The Stalin Empire style of architecture in Omsk in the 1930s and 50s]. *Balandinskie chteniya: sbornik nauchnykh chtenii pamyati S.N. Balandina (Coll. Papers in memory of S.N. Balandin 'Balandin Readings')*. 2011. No. 1. Pp. 67–69. (rus)

Сведения об авторе

Духанина Елена Сергеевна, аспирант, преподаватель, член Союза архитекторов РФ, Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крычкова, 630099, г. Новосибирск, Красный пр., 38, e.dukhanina@nsuada.ru

Author Details

Elena S. Dukhanina, Research Assistant, Lecturer, Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts, 38, Krasnyi Ave., 630099, Novosibirsk, Russia, member of the Union of Architects of Russia, e.dukhanina@nsuada.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 622.692.4.074.2

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-99-113

*В.И. ХИЖНЯКОВ, А.В. НЕГОДИН, Р.Ю. БАКШАНСКИЙ,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

О ВЛИЯНИИ КРАЕВОГО ЭФФЕКТА УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРА С ДНИЩЕМ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ РВС-20000

Аннотация. На основе результатов аналитического исследования краевого эффекта в задаче изгиба стенки резервуара типа РВС-20000 по моментной теории в сопоставлении с результатами, полученными по безмоментной теории, показано, что условие прочности узла сочленения стенки резервуара с днищем в обоих случаях выполняется.

Напряжения, полученные по безмоментной теории с учетом повышающих коэффициентов запаса, на 11,1 % превышают величину максимальных напряжений, полученных по моментной теории с учетом краевого эффекта. Это дает возможность при расчете толщины стенки использовать уравнения безмоментной теории, исключаяющей проведение сложных расчетов моментной теории. Преимущество моментной теории состоит в том, что, в отличие от безмоментной, она дает возможность рассчитать величину напряжений и деформаций самого уторного узла.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что надежность эксплуатации узла сопряжения стенки резервуара с днищем определяется в первую очередь качеством подготовки основания для строительства резервуара, качеством сварки уторного сварного шва (в т. ч. при отрицательных температурах) и методик их дефектоскопического контроля на строительной площадке.

Ключевые слова: резервуары вертикальные стальные (РВС), узел соединения стенки резервуара с днищем, краевой эффект, кольцевые и продольные напряжения, изгибающий момент, горизонтальная срезающая сила, тавровый сварной шов

Для цитирования: Хижняков В.И., Негодин А.В., Бакшанский Р.Ю. О влиянии краевого эффекта узла сопряжения стенки резервуара с днищем на эксплуатационную надежность РВС-20000 // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 99–113.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-99-113

V.I. KHIZHNYAKOV, A.V. NEGODIN, R.Yu. BAKSHANSKIY,
Tomsk State University of Architecture and Building

EDGE EFFECT OF THE TANK WALL-BOTTOM JOINT ON SERVICE RELIABILITY OF VERTICAL STEEL TANK

Abstract. The paper presents the analysis of the edge effect in the wall bending of a vertical steel tank RVS-20000 using a comparison between the results obtained by using the bending theory and membrane theory. It is shown that the condition of the wall-bottom joint strength is satisfied in both cases.

The stresses obtained according to the bending theory with regard to multiplying safety factor, exceed the maximum stresses by 11.1 % obtained by using the membrane theory with account for the edge effect. This makes it possible to use the membrane theory equations in calculating the wall thickness, which excludes complex calculations of the bending theory. Unlike the membrane theory, the membrane theory provides the stress and strain calculation of the T-junction. The results obtained indicate that the service reliability of the wall-bottom joint is primarily determined by the preparation quality of the tank base, welding quality of the T-junction (including negative temperatures) and the methods of their flaw detection on the construction site.

Keywords: vertical steel tank, wall-bottom joint, edge effect, hoop and longitudinal stresses, bending moment, drag force, T-weld

For citation: Khizhnyakov V.I., Negodin A.V., Bakshanskii R.Yu. O vliyani kraevogo effekta uzla sopryazheniya stenki rezervuara s dnishchem na ekspluatatsionnyu nadezhnost' RVS-20000 [Edge effect of the tank wall-bottom joint on service reliability of vertical steel tank]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 99–113.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-99-113

Для хранения нефти и нефтепродуктов практически повсеместно используют вертикальные стальные цилиндрические резервуары (РВС) большой емкости – более 10 000 м³. До настоящего времени вопрос обеспечения их эксплуатационной надежности остается актуальным, сохраняется тенденция роста аварийных ситуаций в резервуарных парках страны. Основной причиной инцидентов, аварий и даже катастроф (> 50 %) являются недопустимо большие неравномерные осадки основания резервуаров. В процессе длительной эксплуатации неравномерная осадка наружного контура днища приводит к появлению трещин в области наиболее нагруженного конструктивного элемента – узла сочленения стенки резервуара с днищем – и их распространению по стенке и днищу с последующей разгерметизацией резервуара. Разлив нефти и нефтепродуктов наносит колоссальный экологический и социальный вред. В экстремальных случаях, по опубликованным данным, материальный ущерб от аварийного разрушения РВС-20000 превышает затраты на сооружение нового резервуара в десятки раз, что свидетельствует о необходимости обеспечения длительной безаварийной эксплуатации узла сопряжения стенки резервуара с днищем как на стадии проектирования и строительства, так и в процессе эксплуатации резервуара. Уторный шов является важнейшим узлом резервуара, в котором при хранении нефти и нефтепродуктов концен-

трируются максимальные напряжения, что, как следствие, приводит к высокой аварийности по причине его разрушения. В связи с этим в последние годы среди специалистов высказывается мнение о необходимости увеличения жесткости узла сопряжения путем увеличения толщины стенки нижнего пояса и толщины окрайки днища.

В узле сопряжения стенки нижнего пояса с днищем главным расчетным элементом является стенка нижнего пояса. Днище, в отличие от нижнего пояса резервуара, подвержено незначительным напряжениям сжатия $\sigma_{сж}$, обусловленным весом столба жидкости в резервуаре:

$$\sigma_{сж} = \rho_{ж} \cdot g \cdot H_{взл} = 1000 \cdot 9,8 \cdot 12 = 0,12 \text{ МПа},$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости; $H_{взл}$ – максимальная высота взлива.

Поэтому увеличивать ее толщину вряд ли целесообразно. В.Г. Шухов в работе [1] показал, что днище резервуара, лежащее на сплошном упругом основании (песке), будет тем рациональнее, чем меньше оно будет работать на изгиб, чем более гибким оно является. На стадии строительства стенку резервуара с внутренней и наружной сторон жестко приваривают к окрайке днища. Для новых резервуаров, согласно ГОСТ Р 59910–2008, выступ листов окрайки за стенку резервуара назначают в интервале 50–100 мм (рис. 1).



Рис. 1. Уторный шов РВСП-20000 м³, выполненный с применением сварочного комплекса для автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов

После завершения строительства РВС-20000 (рис. 1), под воздействием веса стенки и кровли, из-под резервуара выдавливается часть гидрофобного слоя, за счет чего узел сопряжения, жестко опираясь на железобетонное кольцо под стенкой, получается полностью заземленным.

Стенка РВС при максимальных взливах испытывает двухосное напряженное состояние, обусловленное действием кольцевых напряжений $\sigma_{кц}$, действующих в окружном направлении, и продольных напряжений $\sigma_{пр}$, действующих в меридиальном направлении. Величина продольных напряжений $\sigma_{пр}$ определяется весом стенки резервуара, крыши и оборудования на ней, а также снеговой нагрузкой. Нагрузка, вносящая основной вклад в кольцевые растягивающие напряжения $\sigma_{кц}$, определяется гидростатическим давлением хранимой

жидкости и давлением газовой фазы в незаполненной части резервуара. Изгибным напряжениям стенка резервуара не подвергается, т. к. тонкая стенка стального резервуара легко деформируется, не работая на изгиб (предполагается равномерное распределение напряжений по толщине стенки). Величину максимальных напряжений в области, удаленной от уторного шва (где нагрузка изменяется плавно), рассчитывают по безмоментной теории по величине максимальных кольцевых напряжений:

$$\sigma_{\text{кц}} = \frac{pR}{\delta} < R_{\text{расч}},$$

где p – суммарное давление, создаваемое гидростатическим давлением столба жидкости в резервуаре, и избыточным давлением газовой шапки; R – радиус резервуара; δ – толщина соответствующего пояса резервуара; $R_{\text{расч}}$ – расчетное сопротивление резервуарной стали.

Безмоментная теория не учитывает краевого эффект, возникающий в местах жесткого сопряжения стенки с днищем, где нагрузка изменяется скачкообразно.

В области, примыкающей к жестко заземленному уторному шву, возникают изгибающий момент $M_{\text{изг}} = X_1$ и горизонтальная (поперечная) сила $Q_{\text{гор}} = X_2$ (рис. 2), которые влияют на перераспределение усилий безмоментного состояния стенки резервуара. Учет изгибающих напряжений в уторе резервуара проводят по моментной теории оболочек. Вследствие криволинейности стенки резервуара и возникающих от этого растягивающих кольцевых напряжений $\sigma_{\text{кц}}$, препятствующих изгибу, напряжения, вызванные краевым изгибающим моментом, достаточно быстро затухают. Действительно, в заземленном узле сопряжения стенки с днищем влияние краевого эффекта становится равным нулю на удалении от узла сопряжения на расстояние $l_{\text{кз}}$ [2]:

$$l_{\text{кз}} \approx 0,6\sqrt{R_{\text{рез}} \cdot \delta_{\text{ни}}} = 0,6\sqrt{22,5 \cdot 0,02} = 0,4 \text{ м},$$

где $R_{\text{рез}}$ – радиус резервуара; $\delta_{\text{ни}}$ – толщина нижнего пояса. Напряжения и деформации, вызванные краевым эффектом, имеют локальный характер.

Согласно СНиП II-23-81 [3], краевой эффект существенно увеличивает напряженное состояние двухстороннего таврового сварного соединения стенки резервуара с днищем (рис. 2) и представляет серьезную опасность. В связи с этим представляет интерес вклад краевого эффекта в напряженное состояние узла сопряжения стенки с днищем, рассчитанное по моментной теории, по сравнению с напряженным состоянием нижнего пояса резервуара, рассчитанное по безмоментной теории.

Расчет уторного сварного шва резервуара с двумя угловыми швами, где возникают изгибающий момент и горизонтальная сила, проведем по моментной теории с учетом краевого эффекта. Величину катета уторного шва предварительно задают в пределах $0,3 \cdot t_{\text{окр}}$, где $t_{\text{окр}}$ – толщина окрайки. Расчетная схема сочленения стенки резервуара с окрайкой днища представлена на рис. 2, где $\delta_{\text{ст}}$ – толщина нижнего пояса стенки резервуара. Условие прочности уторного сварного шва определяется соотношением [4]:

$$Q_1 \leq \beta_f \cdot k_f \cdot m_f \cdot R_f ,$$

где Q_1 – сила, срезающая сварной шов по наплавленному металлу; β_f – коэффициент сварного шва, принимаемый равным $\beta_f = 0,7$; k_f – катет сварного шва; m_f – коэффициент условий работы сварного шва, $m_f = 1,0$; R_f – расчетное сопротивление по металлу сварного шва (для электродов Э55 $R_f = 215$ МПа).

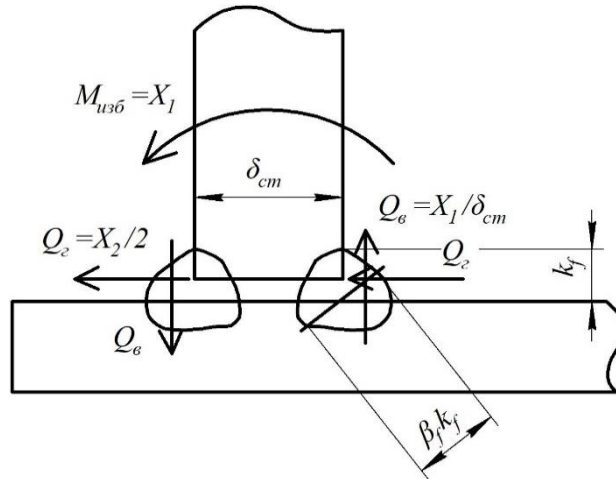


Рис. 2. Узел сопряжения стенки резервуара с дном с двумя угловыми сварными швами

Сила, срезающая сварной шов по наплавленному металлу, может быть рассчитана по уравнению [5]:

$$Q_1 = \sqrt{Q_v^2 + Q_r^2} ,$$

где Q_v и Q_r – соответственно вертикальная и горизонтальная составляющие.

Изгибающий момент в узле сочленения равен произведению вертикальной составляющей силы на плечо $M_{изг} = Q_v \cdot \delta_{ст}$, а горизонтальную составляющую разделим на два шва $Q_r/2$.

Отсюда $Q_1 = \sqrt{\left(\frac{M_{изг}}{\delta_{ст}}\right)^2 + \left(\frac{Q_r}{2}\right)^2}$, обозначив $M_{изг} = X_1$ и $Q_r = X_2$, полу-

чим $Q_1 = \sqrt{\left(\frac{X_1}{\delta_{ст}}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2}$.

Таким образом, в узле сопряжения стенки и дна резервуара остаются два неизвестных: изгибающий момент X_1 и горизонтальная сила X_2 , которые с помощью уравнений статики найдены быть не могут. Задача является дважды статически неопределенной. Недостающие уравнения можно получить на основе анализа совместной деформации стенки и дна с учетом фактического физического состояния узла сопряжения. В связи с этим для раскрытия статической неопределенности, для определения значений X_1 и X_2 , воспользуемся методом сил строительной механики [6]. Для этого составим два канони-

ческих уравнения, характеризующих условие совместности деформаций стенки резервуара и днища. Как уже было сказано (рис. 1), узел сопряжения стенки и днища является конструктивно жестким, и перемещений в нем быть не может. Поэтому перемещения по направлениям лишних (отброшенных) связей должны быть равны нулю. Изгибающий момент X_1 и горизонтальную силу X_2 определяют методом сил из решения системы канонических уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} (\delta_{11}^{\text{ст}} + \delta_{11}^{\text{дн}}) X_1 + \delta_{12}^{\text{ст}} \cdot X_2 + \Delta_{1p}^{\text{ст}} + \Delta_{1p}^{\text{дн}} = 0; \\ \delta_{21}^{\text{ст}} \cdot X_1 + \delta_{22}^{\text{ст}} \cdot X_2 + \Delta_{2p}^{\text{ст}} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Для решения данной дважды статически неопределенной пространственной задачи необходимо сначала найти единичные перемещения δ_{ik} и грузовые члены Δ_{ik} стенки резервуара и днища, которые являются коэффициентами при неизвестных единичном моменте X_1 и единичной горизонтальной силе X_2 . В приведенной системе канонических уравнений $\Delta_{1p}^{\text{ст}}$ и $\Delta_{1p}^{\text{дн}}$ – единичные перемещения стенки и днища от действия X_1 и X_2 (рис. 3).

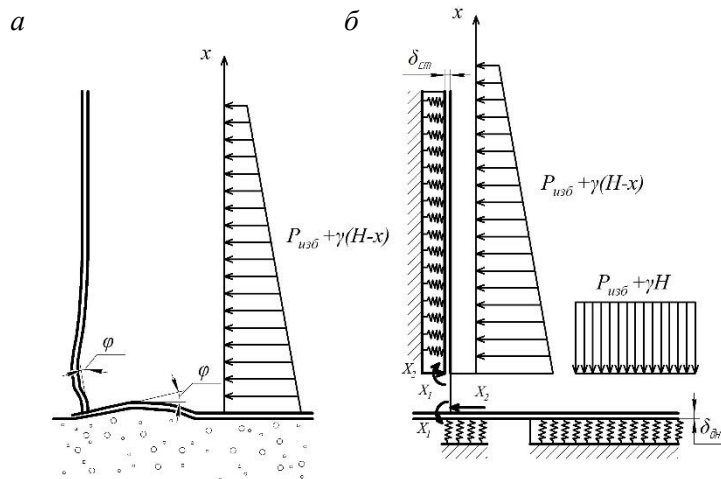


Рис. 3. Расчетная схема приложения нагрузок для узла сопряжения стенки резервуара и днища, решаемая методом сил:

а – исходная система – совместная деформация стенки и днища; б – основная система для расчета нижнего узла методом сил: $M_{изг} = X_1$ – изгибающий момент; $Q_r = X_2$ – поперечная сила

Так как сопротивление растяжению окраек днища значительно выше, чем изгибу, то фактически линейные деформации днища вдоль оси Ox равны нулю. В узле сопряжения стенки резервуара с днищем изгибающий момент $M_{изг} = X_1$, зависящий от толщины стенки нижнего пояса и толщины окрайки, коэффициента жесткости основания и от длины окрайки днища, выступающей за стенку (консоли). Размер выступающей части окрайки днища обычно не превышает 60 мм (в противном случае увеличивается краевой эффект) [7].

В приведенных канонических уравнениях каждое единичное перемещение δ_{11} , $\delta_{12} = \delta_{21}$, δ_{22} и перемещение от внешней нагрузки Δ_{1p} и Δ_{2p} состоит из суммы перемещений стенки резервуара и днища:

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \delta_{12}^{\text{ст}} + \delta_{12}^{\text{дн}} + \delta_{21}^{\text{ст}} + \delta_{21}^{\text{дн}}; \quad (2)$$

$$\delta_{22} = \delta_{22}^{\text{ст}} + \delta_{22}^{\text{дн}}; \quad (3)$$

$$\delta_{12} = \delta_{21}; \quad (4)$$

$$\Delta_{1p} = \Delta_{1p}^{\text{ст}} + \Delta_{1p}^{\text{дн}}. \quad (5)$$

Для решения уравнения (1) необходимо найти единичные и грузовые перемещения стенки и днища, которые являются коэффициентами при неизвестных X_1 и X_2 . Для этого необходимо вначале рассчитать коэффициент постели стенки и днища резервуара [4].

Расчет произведем для резервуара РВС-20000 НПС «Александровская» Томской области, толщина нижнего пояса которого составляет $\delta_{\text{ст}} = 18$ мм, толщина окрайки $\delta_{\text{дн}} = 18$ мм. Радиус резервуара $R = 19,02$ м. Размер выступающей части окрайки днища $c = 0,06$ м.

1. Определение деформационных характеристик элементов РВС-20000.

Коэффициент постели стенки резервуара

$$k_{\text{ст}} = \frac{E \cdot \delta_{\text{ст}}}{R^2} = \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,018}{19,08^2} = 10,4 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

где $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ – модуль Юнга, Па.

Коэффициент постели днища резервуара

$$k_{\text{дн}} = \frac{E \cdot \delta_{\text{дн}}}{R^2} = \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,012}{19,08^2} = 6,9 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}.$$

Цилиндрическая жесткость стенки $D_{\text{ст}}$ и окрайки днища $D_{\text{дн}}$ резервуара:

$$D_{\text{ст}} = \frac{E \cdot \delta_{\text{ст}}^3}{12(1-\eta^2)} = \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,018^3}{12(1-0,3^2)} = 1,13 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $\eta = 0,3$ – коэффициент Пуассона;

$$D_{\text{дн}} = \frac{E \cdot \delta_{\text{дн}}^3}{12(1-\eta^2)} = \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,012^3}{12(1-0,3^2)} = 0,33 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коэффициент деформации стенки $m_{\text{ст}}$ и окрайки днища $m_{\text{дн}}$ резервуара:

$$m_{\text{ст}} = \sqrt[4]{\frac{k_{\text{ст}}}{4 \cdot D_{\text{ст}}}} = \sqrt[4]{\frac{10,4 \cdot 10^6}{4 \cdot 1,13 \cdot 10^5}} = 2,2 \text{ м}^{-1};$$

$$m_{\text{дн}} = \sqrt[4]{\frac{k_{\text{дн}}}{4 \cdot D_{\text{дн}}}} = \sqrt[4]{\frac{6,9 \cdot 10^6}{4 \cdot 0,33 \cdot 10^5}} = 2,69 \text{ м}^{-1}.$$

2. Расчет значений функций, введенных акад. А.Н. Крыловым [5]:

θ , ξ , ψ и ϕ для расчета балок на упругом основании:

$$\theta = e^{-m_{\text{дн}} \cdot c} \cos(m_{\text{дн}} \cdot c) = e^{-2,69 \cdot 0,06} \cos(2,69 \cdot 0,06) = 0,83; \quad (6)$$

$$\xi = e^{-m_{\text{дн}} \cdot c} \sin(m_{\text{дн}} \cdot c) = e^{-2,69 \cdot 0,06} \sin(2,69 \cdot 0,06) = 0,14; \quad (7)$$

$$\psi = \theta - \xi = 0,57 - 0,21 = 0,69; \quad (8)$$

$$\varphi = \theta + \xi = 0,57 + 0,21 = 0,97. \quad (9)$$

Быстро затухающие периодические функции А.Н. Крылова (содержащие коэффициент $e^{-m_{\text{дн}} \cdot c}$) свидетельствуют о том, что в точках за пределом узкой зоны действия краевого эффекта, возникающей в узле сопряжения, моментной силой можно пренебречь (принцип Сен-Венана).

3. Определение значений коэффициентов и перемещений, входящих в систему канонических уравнений (1), на основе полученных значений функций А.Н. Крылова [2]:

$$\begin{aligned} \delta_{11}^{\text{ст}} &= \frac{1}{m_{\text{ст}} \cdot D_{\text{ст}}} = \frac{1}{2,2 \cdot 1,13 \cdot 10^5} = 3,89 \cdot 10^{-6}, \text{ Н}^{-1}; \\ \delta_{12}^{\text{ст}} = \delta_{21}^{\text{ст}} &= \frac{1}{2m_{\text{ст}}^2 \cdot D_{\text{ст}}} = \frac{1}{2 \cdot 2,2^2 \cdot 1,13 \cdot 10^5} = 0,84 \cdot 10^{-6}, \frac{\text{м}}{\text{Н}}; \\ \delta_{22}^{\text{ст}} &= \frac{1}{2m_{\text{ст}}^3 \cdot D_{\text{ст}}} = \frac{1}{2 \cdot 2,2^3 \cdot 1,13 \cdot 10^5} = 0,38 \cdot 10^{-6}, \frac{\text{м}^2}{\text{Н}}; \\ \Delta_{1p}^{\text{ст}} &= \frac{\rho_{\text{неф}} \cdot g}{k_{\text{ст}}} = \frac{860 \cdot 9,8}{11,5 \cdot 10^6} = 7,33 \cdot 10^{-4}, \end{aligned}$$

где $\rho_{\text{неф}} = 860,0 \text{ кг/м}^3$ – плотность нефти,

$$\begin{aligned} \Delta_{2p}^{\text{ст}} &= \frac{\rho_{\text{неф}} \cdot g}{k_{\text{ст}}} H = \frac{860 \cdot 9,8 \cdot 18}{11,5 \cdot 10^6} = 131,94 \cdot 10^{-4}, \text{ м}; \\ \delta_{11}^{\text{дн}} &= \frac{1}{m_{\text{дн}} \cdot D_{\text{дн}}} \frac{1 + \varphi^2 + 2\theta^2}{4} = \frac{1}{2,69 \cdot 0,33 \cdot 10^5} \frac{1 + 0,94 + 2 \cdot 0,69}{4} = 2,78 \cdot 10^{-6}, \frac{1}{\text{Н}}; \\ \Delta_{1p}^{\text{дн}} &= -\frac{q_0 m_{\text{дн}}}{2k_{\text{дн}}} (1 - \varphi \cdot \psi + 2\theta \cdot \xi) = \\ &= \frac{1,62 \cdot 10^5 \cdot 2,69}{2 \cdot 6,9 \cdot 10^6} [1 - 0,97 \cdot 0,69 + 2 \cdot 0,83 \cdot 0,14] = -6,3 \cdot 10^{-4}, \text{ м}, \end{aligned}$$

где $q_0 = n_1 \cdot \rho_{\text{неф}} \cdot H + n_2 \cdot P_{\text{изб}} = 1,05 \cdot 860 \cdot 9,8 \cdot 18 + 1,2 \cdot 2000 = 1,62 \cdot 10^5, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$.

Подставив в систему канонических уравнений (1) величины рассчитанных коэффициентов и перемещений, определим значения неизвестных X_1 и X_2 :

$$\begin{cases} (3,69 \cdot 10^{-6} + 2,78 \cdot 10^{-6}) X_1 + 0,84 \cdot 10^{-6} \cdot X_2 + 733 \cdot 10^{-6} - 630 \cdot 10^{-6} = 0, \\ 0,84 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 + 0,38 \cdot 10^{-6} \cdot X_2 + 13194 \cdot 10^{-6} = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Окончательно получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 6,47 \cdot X_1 + 0,84 \cdot X_2 + 103 = 0, \\ 0,84 \cdot X_1 + 0,38 \cdot X_2 + 13194 = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Откуда $X_1 = M_{\text{изг}} = 8164,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $X_2 = Q_{\Gamma} = -29764,8 \text{ Н}$.

После определения силовых факторов $M_{\text{изг}}$ и Q_{Γ} проведем расчет на прочность таврового сварного шва и стенки резервуара в точке сопряжения с днищем с учетом краевого эффекта.

4. Проверка таврового сварного шва на прочность.

Расчетная схема таврового соединения днища и нижнего пояса стенки резервуара представлена на рис. 2 и 3. Условие прочности таврового сварного шва:

$$Q \leq \beta_f \cdot k_f \cdot m_f \cdot R_f = 0,7 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 215000000 = 1806 \frac{\text{кН}}{\text{м}},$$

где β_f – коэффициент сварного шва (принят по СНиП II-23-81, табл. 34); k_f – катет сварного шва; m_f – коэффициент условий работы сварного шва; R_f – расчетное сопротивление сварного шва для электродов Э50.

Силу Q , срезающую сварной шов под действием рассчитанных значений изгибающего момента $M_{\text{изг}}$ и горизонтальной сил Q_{Γ} , рассчитаем по формуле

$$Q_1 = \sqrt{\left(\frac{M_{\text{изг}}}{\delta_{\text{ст}}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{\Gamma}}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{8,1}{20 \cdot 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{29,7}{2}\right)^2} = 405,02 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Условие прочности сварного шва выполняется: $405,02 \leq 1806$.

Проверку прочности стенки резервуара в точке сопряжения с днищем с учетом краевого эффекта на основе рассчитанных значений изгибающего момента $M_{\text{изг}} = X_1$ и горизонтальной силы $Q_{\Gamma} = X_2$ произведем по формуле

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{ст}}} + \frac{Q_{\Gamma}}{F_{\text{ст}}} = \frac{6M_{\text{изг}}}{\delta_{\text{ст}}^2} + \frac{Q_{\Gamma}}{\delta_{\text{ст}}} \leq R_{\text{расч}};$$

$$R_{\text{расч}} = \frac{\sigma_{\text{в}} \cdot m}{k_1 \cdot k_{\text{н}}} = \frac{490 \cdot 0,75}{1,34 \cdot 1,05} = 262,5 \text{ МПа},$$

где $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности стали 09Г2С; m – коэффициент условий работы; k_1 – коэффициент надежности по материалу; $k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности по назначению.

Максимальная величина напряжений в узле сопряжения, обусловленная

$$W_{\text{ст}} = \frac{\delta_{\text{ст}}^2}{6} = \frac{0,018^2}{6} = 66,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

где $W_{\text{ст}}$ – момент сопротивления сечения нижнего пояса стенки резервуара; $\delta_{\text{ст}}$ – толщина стенки нижнего пояса.

Краевой эффект особенно опасен в условиях низких температур, когда уменьшение вязкости в зоне концентрации напряжений уторного сварного шва приводит к его хрупкому разрушению. Поэтому главная трудность расчета, учи-

тывающего краевые напряжения, заключается в назначении расчетных допускаемых напряжений $R_{\text{расч}}$. Чем более пластична и податлива сталь, тем менее опасны краевые напряжения. Согласно типовым проектам на строительство резервуаров РВС-20000, четыре нижних, наиболее нагруженных пояса, изготавливают из малоуглеродистой низколегированной стали 09Г2С ($R_{\text{расч}} = 262,5$ МПа), а верхние, менее нагруженные, – из стали СтЗсп ($R_{\text{расч}} = 197,2$ МПа).

Максимальное допускаемое напряжение в узле сопряжения стенки резервуара с днищем, вызываемое действием изгибающего момента и горизонтальной силы, равно

$$\sigma_{\text{max}}^{\text{м}} = \frac{6M_{\text{изг}}}{\delta_{\text{ст}}^2} + \frac{Q_{\text{г}}}{\delta_{\text{ст}}} = \frac{6 \cdot 8164,6}{0,018^2} + \frac{29764,8}{0,018} = 151196296 + 1653600 = 152,36 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется, т. к. $152,36 \leq 262,5$. Соединение стенки резервуара с днищем с помощью двух непрерывных сварных швов обеспечивает прочность узла сопряжения:

$$n = \frac{R_{\text{расч}}}{\sigma_{\text{max}}^{\text{м}}} = \frac{262,5}{152,36} = 1,72.$$

Представляет интерес, как соотносятся максимальные напряжения, рассчитанные по безмоментной теории (рис. 4, а), по сравнению с моментной теорией с учетом краевого эффекта (рис. 4, б).

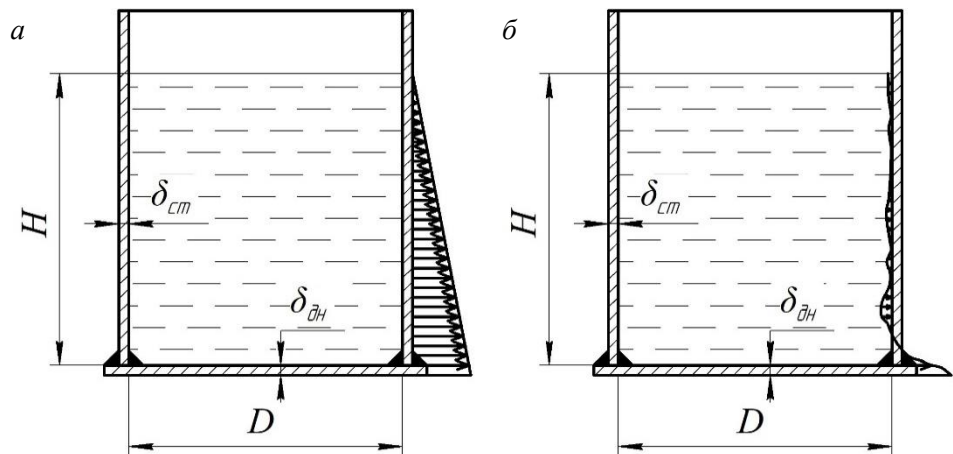


Рис. 4. Распределение напряжений в узле сопряжения стенки резервуара с днищем: а – эпюра напряжений от гидростатического давления; б – эпюра напряжений от действия изгибающего момента и горизонтальной силы

Максимальная величина напряжений по безмоментной теории в узле сопряжения этого же резервуара РВС-20000 высотой $H_{\text{рез}} = 12$ м, с радиусом $R_{\text{рез}} = 19,02$ м и толщиной стенки нижнего пояса $\delta_{\text{ст}} = 18$ мм, высотой залива $H_{\text{вл}} = 10$ м при избыточном давлении в газовой шапке резервуара $P_{\text{изб}} = 2000$ Па равна

$$\sigma_{\max}^{\delta/m} = \frac{[n_1 \cdot \rho \cdot g \cdot H_{\text{взл}} + n_2 \cdot P_{\text{изб}}] R_{\text{рез}}}{n \cdot \delta_{\text{ст}}} =$$

$$= \frac{[1,05 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 10 + 1,2 \cdot 2000] \cdot 19,02}{0,7 \cdot 0,018} = 169,23 \text{ МПа},$$

где $n_1 = 1,05$ – коэффициент надежности по нагрузке гидростатического давления; $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды; $n_2 = 1,2$ – коэффициент надежности по нагрузке от избыточного давления; $n = 0,7$ – коэффициент условий работы для нижнего пояса резервуара.

Условие прочности также выполняется: $169,23 \leq 262,5$.

Сопоставление напряжений, полученных по моментной и безмоментной теориям для защемленного узла сопряжения стенки резервуара с днищем, свидетельствует о том, что условие прочности в обоих случаях выполняется. Результаты расчета на основе аналитических зависимостей двух теорий оболочек вращения дают удовлетворительную сходимость: максимальные напряжения в узле сопряжения стенки резервуара с днищем, рассчитанные по моментной и безмоментной теориям, практически совпадают. Однако с учетом повышающих коэффициентов запаса напряжения, полученные по безмоментной теории, на 11,1 % превышают величину максимальных напряжений, полученных по моментной теории с учетом краевого эффекта, вклад которого в области уторного шва распространяется на узкую зону (0,4 м). Поэтому оценку запаса прочности уторного шва проведем по результатам расчета по безмоментной теории:

$$n = \frac{R_{\text{расч}}}{\sigma_{\max}} = \frac{262,5}{169,23} = 1,55.$$

Величина максимальных напряжений, полученных по безмоментной теории, не достигает значений допустимых напряжений для резервуарной стали 09Г2С, запас прочности по пределу текучести составляет

$$\sigma_m / \sigma_{\max}^{\delta/m} = 270 / 169,23 = 1,6,$$

что соответствует ГОСТ Р58622–2019 [8].

Проведенный расчет показывает, что основная причина разрушения узла сочленения стенки РВС с днищем не в его конструктивных просчетах, а в подготовке основания («пятак») под строительство резервуара. В процессе эксплуатации недопустимо большие неравномерные осадки основания резервуара провоцируют появление трещин в области жестко защемленного уторного сварного шва и их распространение по стенке и днищу. В большинстве расследованных случаев аварийных разрушений РВС-20000 источником хрупкой трещины является сварной шов в уторном узле, что связано с наличием в сварном шве неизбежных концентраторов напряжений: малых трещин, микровключений и цепочек газовых пор, практически не выявляемых в процессе дефектоскопического контроля при проведении строительно-монтажных работ. Процесс зарождения концентраторов напряжений

в уторном сварном шве происходит уже в процессе охлаждения шва после сварки. Во время остывания в сварном шве и в зоне термического влияния, нагретой до температуры 900 °С, происходит фазовое превращение аустенита в феррит и перлит. Этот переход в результате вторичной кристаллизации связан с увеличением объема, за счет чего в сварном шве и зоне термического влияния появляются большие сварочные напряжения, провоцирующие значительные неравномерные деформации. По этой причине, за счет большого объемного эффекта процесса вторичной кристаллизации, при возникновении зародышей ферритной и перлитной фаз образуются зародыши микротрещин. При проведении сварочно-монтажных работ при отрицательной температуре, при быстром охлаждении шва, аустенит способен переходить в мартенсит – хрупкую модификацию феррита. Эта проблема практически решена за счет изготовления нижних поясов РВС-20000 из стали 09Г2С. Низкоуглеродистая феррито-перлитная сталь 09Г2С малочувствительна к скорости охлаждения и не склонна к закаливанию с образованием мартенситной структуры. Появление микротрещин в уторном сварном шве может быть также связано с плохой защитой расплавленного металла от атмосферных газов, в том числе и когда не обеспечено минимально допустимое содержание влаги в окружающей шов атмосфере, в обмазке электродов и на свариваемых кромках. Под воздействием температуры и сварочного тока в зоне сварки протекает реакция электролитического разложения молекул воды на водород и кислород: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$. Присутствие кислорода в сварочной ванне приводит к образованию оксидов железа, а водорода – к наводороживанию металла. Недостаточное раскисление и локальное наводороживание ухудшают прочностные характеристики резервуарной стали, способствуют ее охрупчиванию и увеличивают вероятность образования микротрещин при сварке протяженного многослойного сварного шва в жестко закрепленном уторе. Стадия возникновения микротрещин реализуется в охрупченной зоне сварного шва, вторая стадия – их нестабильное распространение – происходит под влиянием внутренних напряжений, обусловленных неравномерными просадками по периметру днища резервуара. При просадке основания резервуара, по мере возрастания напряжений, микротрещины развиваются в макротрещины разной длины. Рост более длинных трещин опережает рост коротких: длинные трещины «экранируют» более короткие и зажимают их. Рост коротких трещин при этом останавливается, а длинные продолжают расти – формируется магистральная трещина. На развитие магистральной трещины в области уторного сварного шва при циклическом его нагружении за счет постоянно меняющегося взлива в резервуаре существенное влияние оказывает постоянно присутствующая здесь влага. Сорбированный слой влаги на поверхности растущей трещины с содержащимися в ней агрессивными газами облегчает деформацию и развитие трещины (эффект Ребиндера). Иницирующее действие адсорбции состоит в том, что поверхностно-активные вещества понижают поверхностную энергию стали и тем самым способствуют зарождению пластических сдвигов и развитию магистральной трещины при меньших напряжениях.

При визуальном анализе излома в трещинах первого пояса по уторному шву наблюдается сильно окисленная хрупкая составляющая, в некоторых местах заметен хрупко-вязкий переход от окисленного очага зарождения трещины к более светлой зоне вязкого долома. На верхних поясах резервуара излом преимущественно вязкий. Магистральная трещина на нижнем поясе распространяется параллельно уторному шву (перпендикулярно максимальным гидростатическим напряжениям), в основном по зоне термического влияния. Просадки основания резервуара приводят к дополнительному увеличению напряжений в уторном сварном шве в направлении максимальной горизонтальной силы $Q_T = X_2$ (рис. 2), что приводит к ускорению развития трещины как по длине, так и в глубину. Существенным фактором, провоцирующим образование трещин в уторном шве, является достижение максимальных эксплуатационных нагрузок в условиях низких температур, когда прочностные характеристики сталей снижаются. Сами трещины являются концентраторами напряжений (острый надрез): при приближении к вершине острой трещины, когда расстояние от вершины трещины $t \rightarrow 0$, напряжение у вершины σ , согласно теории упругости, стремится к бесконечности $\sigma \rightarrow \infty$ по закону:

$$\sigma = \frac{K}{\sqrt{t}},$$

где K – коэффициент интенсивности напряжений в данный момент времени.

Чем острее и длиннее трещина, тем ниже сопротивляемость уторного шва разрушению. Аварии на резервуарах по причине низкотемпературного разрушения уторного сварного шва происходят преимущественно в осенне-зимний период, когда температура понижается до минус 35–45 °С (для условий нефтедобывающих районов Западной Сибири). В этих условиях высокопрочная резервуарная сталь 09Г2С не может предотвратить хрупкое разрушение уторного сварного шва с последующим разливом нефти. Разлив нефти через растущую магистральную трещину приводит к лавинообразному отрыву стенки от днища по утору и разрушению стенки практически на всю высоту резервуара. Возникает мощная реактивная сила, действующая в направлении, противоположном изливаемому потоку, вызывающая дополнительную динамическую нагрузку, под воздействием которой катастрофическое разрушение стенки резервуара по высоте происходит как по вертикальным сварным швам, так и по основному металлу. Стенка отрывается от днища и крыши, смещается с железобетонного кольца основания с последующим обрушением крыши.

В заключение следует отметить максимальные напряжения в узле сопряжения стенки с днищем, полученные на основе результатов аналитического исследования краевого эффекта в задаче изгиба стенки, действующего РВС-20000 по моментной теории в сопоставлении с результатами, полученными по безмоментной теории, практически совпадают. Увеличивать жесткость узла сопряжения путем увеличения толщины стенки нижнего пояса и толщины окрайки днища нецелесообразно. Основная причина разрушения узла сочленения стенки РВС с днищем не в его конструктивных просчетах,

а в подготовке основания под строительство резервуара. Проблема обостряется в связи с необходимостью строительства и эксплуатации РВС в Западной Сибири на слабонесущих, переувлажненных и многолетнемерзлых грунтах. В связи с этим основная задача состоит, прежде всего, в совершенствовании технологии строительства основания для монтажа РВС на переувлажненных и многолетнемерзлых грунтах с последующим постоянным контролем геодезических отметок основания в процессе эксплуатации резервуаров, совершенствовании технологии сварки протяженных многослойных тавровых сварных швов (в т. ч. при отрицательных температурах) и методик их дефектоскопического контроля на строительной площадке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шухов В.Г.* Строительная механика / под ред. А.Ю. Ишлинского. Москва : Наука, 1977. 193 с.
2. *Стрелецкий Н.С., Гениев А.Н., Беленя Е.И., Балдин В.А., Лессиг Е.Н.* Металлические конструкции. Москва, 1961. 776 с.
3. *СНиП II-23-81.* Стальные конструкции : утв. Постановлением Госстроя СССР от 14 августа 1981 г. № 144) (в редакции от 29 декабря 1986 г.) (с изменениями и дополнениями). 178 с.
4. *Металлические конструкции.* Т. 3. Специальные конструкции и сооружения / под ред. В.В. Горева. Москва : Высшая школа, 2005. 544 с.
5. *Крылов А.Н.* О расчете балок, лежащих на упругом основании. Ленинград : Изд-во Академии наук СССР, 1931. 154 с.
6. *Беленя Е.И., Балдин В.А., Ведерников Г.С. и др.* Металлические конструкции. Москва : Стройиздат, 1986. 560 с.
7. *Дарков А.В., Шапошников Н.Н.* Строительная механика. Москва : Высшая школа, 1986. 706 с.
8. *ГОСТ Р 58622–2019.* Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Методика оценки прочности, устойчивости и долговечности резервуара вертикального стального. Издание официальное. Москва : Стандартинформ, 2019. 58 с.

REFERENCES

1. *Shukhov V.G.* Stroitel'naya mekhanika [Theory of structure]. A.Yu. Ishlinskii, ed., Moscow: Nauka, 1977. 193 p. (rus)
2. *Streletskii N.S., Geniev A.N., Belenya E.I., Baldin V.A., Lessig E.N.* Metallicheskie konstruksii [Metal construction]. Moscow, 1961. 776 p. (rus)
3. *SNiP II-23-81.* Stal'nye konstruksii: utv. postanovleniem Gosstroya SSSR ot 14 avgusta 1981 g. N 144) (v redaktsii ot 29 dekabrya 1986 g.) (s izmeneniyami i dopolneniyami) [SNiP II-23-81 "Steel structures"]. 1981. 178 p. (rus)
4. *Gorev V.V. (Ed.)* Metallicheskie konstruksii [Metal construction], vol. 3. Spetsial'nye konstruksii i sooruzheniya [Special structures]. Moscow: Vysshaya shkola, 2005. 544 p. (rus)
5. *Krylov A.N.* O raschete balok lezhashchikh na uprugom osnovanii [Analysis of beam on elastic foundation]. Leningrad: Izd. Akademii nauk SSSR, 1931. 154 p. (rus)
6. *Belenya E.I., Baldin V.A., Vedernikov G.S., et. al.* Metallicheskie konstruksii [Metal construction]. Moscow: Stroiizdat, 1986. 560 p. (rus)
7. *Darkov A.V., Shaposhnikov N.N.* Stroitel'naya mekhanika [Theory of structure]. Moscow: Vysshaya shkola, 1986. 706 p. (rus)
8. *GOST R 58622–2019.* Magistral'nyi truboprovodnyi transport nefi i nefteproduktov. Metodika otsenki prochnosti, ustoychivosti i dolgovechnosti rezervuara vertikal'nogo stal'nogo [Major pipeline transport of oil and oil products. Method for assessing strength, stability and durability of vertical steel tank]. Moscow: Standartinform, 2019. 58 p. (rus)

Сведения об авторах

Хижняков Валентин Игнатьевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, val@tpu.ru

Негодин Александр Викторович, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, Semerka.82@mail.ru

Бакшанский Роман Юрьевич, студент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, rbakshanskiy@mail.ru

Authors Details

Valentin I. Khizhnyakov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, val@tpu.ru

Aleksandr V. Negodin, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, Semerka.82@mail.ru

Roman Yu. Bakshanskii, Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, rbakshanskiy@mail.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.535

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-114-127

*И.Г. ЕНДЖИЕВСКАЯ, А.В. ДЕМИНА, М.А. ГАЛКИН,
Сибирский федеральный университет*

ПРИМЕНЕНИЕ СУБМИКРОННЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЦЕМЕНТНЫЕ РАСТВОРЫ

Аннотация. В связи с повышенным круглогодичным образованием отходов крупных промышленных предприятий, актуальной является разработка материалов и технологий, которые эффективно переводят их в повторный жизненный цикл.

Предложен способ переработки фторуглеродсодержащих отходов (ФУС) (АО «РУСАЛ Красноярск») с получением углерода субмикронной размерности в виде водоугольной суспензии для модификации растворов и/или бетонов. Полученные данные физико-механических характеристик цементно-песчаного раствора подтверждают возможность применения предложенных модификаторов, запускающих механизмы, приводящие к получению материалов с высокой прочностью при изгибе в ранние сроки для снижения трещинообразования, особенно в тонких слоях бетона (раствора) при большой площади покрытия.

Образцы растворов с добавкой водоугольной суспензии были исследованы методами электронной микроскопии, термогравиметрии и рентгенофазового анализа.

Установлено, что углерод в водоугольной суспензии представлен плоскими пластинами, размер его частиц соответствует субмикронному диапазону. Степень гидратации цемента повышается в присутствии добавки, свидетельствуя об упрочнении структуры материала, что согласуется с результатами испытаний на прочность. Наблюдается рост и утолщение игольчатых спиц-кристаллов гидросиликатов кальция, что подтверждает предположение об увеличении степени гидратации в присутствии субмикронных частиц углерода.

Ключевые слова: фторуглеродсодержащий отход, раствор, частицы углерода субмикронной размерности, углерод техногенный, водоугольная суспензия

Для цитирования: Енджиевская И.Г., Демина А.В., Галкин М.А. Применение субмикронных добавок на основе отходов промышленности в цементные растворы // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 114–127.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-114-127

I.G. ENDZHIEVSKAYA, A.V. DEMINA, M.A. GALKIN,
Siberian Federal University

INDUSTRIAL WASTE-BASED SUBMICRON ADDITIVES IN CEMENT MORTARS

Abstract. *Purpose:* The aim of this work is the development of materials and technologies, which provide their repeated life cycle. *Methodology/approach:* Scanning electron microscopy, thermogravimetric analysis, X-ray diffraction analysis. *Research findings:* The processing method is proposed for fluorocarbon-containing waste (RUSAL, Krasnoyarsk) resulting in the formation of submicron-sized carbon in the form of a coal-water slurry for solution and/or concrete modification. It is shown that carbon in the coal-water slurry represents flat plates with the submicron-sized particles. The degree of cement hydration increases with the addition of wastes, indicating the material strengthening, which is consistent with the results of strength tests. The acicular spike crystals of hydrated calcium silicates become larger and thicker, that confirms the assumption that hydration increases with the addition of submicron-sized carbon particles. *Practical implications:* The obtained physical and mechanical properties of the cement-sand mortar show the possibility of using the proposed modifiers in the production of materials with high bending strength at early stages to reduce cracking, especially in thin concrete layers with a large coverage area.

Keywords: fluorocarbon-containing waste, solution, submicron carbon particles, technogenic carbon, coal-water slurry

For citation: Endzhievskaya I.G., Demina A.V., Galkin M.A. *Primenenie submikronnykh dobavok na osnove otkhodov promyshlennosti v tsementnye rastvory* [Industrial waste-based submicron additives in cement mortars]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 114–127.
DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-114-127

При производстве алюминия на предприятии АО «РУСАЛ Красноярск» методом электролитического восстановления окиси алюминия или глинозема, растворенной в расплаве на основе криолита, образуются отходы с высоким содержанием углерода.

Содержание фтора в этих отходах колеблется от 9 до 26 %. В результате шламовые поля завода интенсивно заполняются и, как следствие, требуют постоянной чистки или реконструкции. Помимо этих затрат существует ряд обязательных экологических платежей за размещение отходов. При этом экологическая напряженность в регионе не снижается, а с каждым годом растет, что требует незамедлительных решений по разработке и внедрению безотходной технологии на заводах алюминиевого производства [1].

Классическая схема производства вторичного криолита – это флотация угольной пены и переработка растворов мокрой газоочистки с получением регенерационного продукта. Но эти процессы незамкнутые: их побочными продуктами являются хвосты флотации и шламы газоочистки, которые и складываются в накопителях. Проблеме обезвреживания и использования фторсодержащих отходов и возвращения фтора в производство уделяется большое внимание [2]. В литературе [3–7] представлены способы переработки данных отходов, минус которых в том, что конечным продуктом является фторсодержащий раствор, а не конкретный продукт.

В связи с повышенным круглогодичным образованием подобных отходов, актуальной является разработка материалов и технологий, которые эффективно переводят их в повторный жизненный цикл [5]. Ранее авторами разработан способ переработки отхода с получением минерализатора для цементной промышленности – CaF_2 [8]. Также предложен способ разложения отхода на фторсодержащий раствор и углеродную часть, которая может быть использована в качестве субмикронных добавок в цементные растворы и/или бетоны.

Бетон – второй по популярности ресурс в мире после воды [9]. Большинство инфраструктур создано из бетона. Однако из-за деградации бетонных материалов, сложного взаимодействия между цементным камнем и эксплуатационной средой, отсутствия современных инструментов проектирования, оценки состояния и своевременного обслуживания многие конструкции находятся в состоянии полного износа, и требуются значительные усилия для их восстановления.

За счет включения некоторых углеродных нано- и субмикронных наполнителей в виде волокон и трубок в обычный бетон можно улучшить его механические свойства и долговечность [10].

В последние годы некоторые исследователи начали использовать технический углерод [11] для изготовления чувствительных к давлению материалов на основе цемента. Графитовые порошки применяются для приготовления умного бетона, поскольку они легко смешиваются с цементом. Добавление их в значительном количестве приводит к резкому снижению механических свойств [12], поэтому для повышения характеристик материалов на основе цемента требуется небольшой расход углеродных волокон. На сегодняшний день очень мало информации о комплексном влиянии углеродных и графитовых волокон на физико-механические свойства цементных композитов [13].

Однако преимуществом армирования цементов нано- и микроволокнами углерода является то, что при разных расходах, от низких до высоких, они обеспечивают механизмы, приводящие к получению материалов с высокой прочностью при изгибе [14].

Исследователями было установлено, что в зависимости от объемной доли и типа волокна могут быть созданы композиты с заданной комбинацией прочности на первую трещину, упрочнения при растяжении и постпиковой пластичностью.

С учетом разнообразия технологических приемов микроармированные вяжущие композиты могут получить широкое применение. Эти материалы с высокими механическими свойствами обеспечат долговечность при жестких нагрузках и условиях окружающей среды [14]. Традиционно получение таких бетонов было связано с добавлением многослойных углеродных нанотрубок [15], сажи [16], наночастиц оксида железа [17], порошков никеля, графита. Сфера применения этих материалов довольно обширна – от тротуарной плитки [18] до конструкций особо ответственных сооружений [19]. Однако углеродные органические материалы снижают прочность цементного камня. Так, при объемном содержании технического углерода более 30 % происходит полная потеря механической прочности бетона. Одним из решений этой проблемы является уменьшение размеров и расходов углеродных материалов.

В этом плане интересно использование углеродных наночастиц с высокой удельной поверхностью – трубок, пластин.

В работе исследовали характеристики раствора (мелкозернистого бетона) цементно-песчаной стяжки с применением добавки углерода субмикронной размерности, полученного из фторуглеродсодержащего отхода. Требования, предъявляемые к стяжке, – это не только прочность на сжатие, но и растяжение при изгибе, поскольку она служит для выравнивания поверхности нижерасположенного слоя пола или перекрытия и укладывается тонким слоем, т. е. площадь поверхности весьма значительна по отношению к толщине слоя, в связи с чем вероятность образования трещин довольно высокая.

Целью работы является исследование возможности применения модификаторов на основе углерода субмикронной размерности в виде ВУС, полученных из фторуглеродсодержащего отхода (ФУС) (АО «РУСАЛ Красноярск»), для получения материалов с высокой прочностью при изгибе в ранние сроки и снижения трещинообразования, особенно в тонких слоях бетона (раствора) при большой площади покрытия, например для стяжки пола и кровли.

В исследовании использовали фторуглеродсодержащий отход, предоставленный предприятием АО «РУСАЛ Красноярск», портландцемент ЦЕМ I 32,5 Н Красноярского цементного завода, заполнитель – кварцево-полевошпатовый песок месторождения пгт Березовка с модулем крупности 2,2, суперпластификатор Centrament № 10 производства MC-Bauchemie.

Порошковые рентгенограммы отхода ФУС снимали при комнатной температуре на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE (фирмы Bruker), линейный детектор VANTEC. Длина волны излучения (CuK_α) равна 1,54 Å. Идентификация материалов проводилась с использованием информационно-поисковой системы (ИПС ФИ).

Термограммы получали на приборе синхронного термического анализа SDT-Q600 TA Instruments thermal analyzer с ИК приставкой Nikolet 380 в атмосфере аргона. Нагревание проводили в интервале температур от 0 до 1000 °C со скоростью 10 К/мин.

Частицы углерода субмикронной размерности на основе водоугольной суспензии (ВУС) для модификации цементных систем получали обработкой отхода ФУС 2%-м раствором NaOH в соотношении 1:9 и нагревали при $t = 60\text{--}80$ °C в течение 1 ч, далее осадок промывали водой до $\text{pH} = 7$. В осадок добавляли воды в соотношении 1:10 (осадок : вода) и фильтровали на вакуумном фильтре с воронкой Шотта (100 мкм). Концентрацию углеродных частиц в фильтрате определяли методом сухого остатка. Размер частиц углерода в ВУС соответствует субмикронной размерности. Раствор после обработки отхода раствором щелочи в дальнейшем обрабатывали 2%-м раствором щавелевой кислоты и CaCl_2 для получения криолита, который далее подвергался термической обработке при 900 °C с получением минерализатора (CaF_2).

В ходе исследования изготовлены образцы цементно-песчаного раствора состава 1:3 в форме балок размером 40×40×160 мм для определения прочности при сжатии и растяжении при изгибе. В качестве вяжущего использовали портландцемент ЦЕМ I 32,5Н, заполнитель – кварцево-полевошпатовый песок с модулем крупности 2,2. Для снижения водопотребности применяли

добавку суперпластификатор Centrament № 10. ВУС добавляли в количестве 0,01, 0,05, 0,1 % от массы цемента, образцы сравнивали с контрольным составом. Образцы хранились в условиях нормальной влажности. Испытания прочности на изгиб проводились с использованием испытательной машины ИП-100 (Россия) с усилием 100 кН. Далее образцы испытывали на сжатие, используя металлические пластины площадью 25 см² с применением испытательной машины МС-500 (Россия) с усилием 500 кН. Для достоверности результатов испытания проводились в трех параллелях.

Микроструктура поверхности образцов цементно-песчаного раствора исследовалась с помощью растрового электронного микроскопа JEOLJSM-7001F в режиме вторичных электронов (seі). Исследование элементного состава образцов осуществлялось методами микрорентгеноспектрального анализа (EDS) в растровом электронном микроскопе JEOLJSM-7001F. Обработка данных элементного анализа проводилась в программе SmartMap.

Отход ФУС исследовали для установления состава и его стабильности. Рентгенограмма представлена на рис. 1.

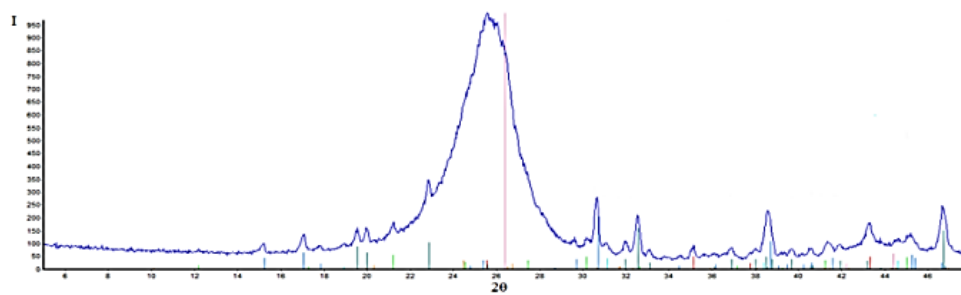


Рис. 1. Рентгенограмма отхода ФУС

Пробы для анализов были отобраны в пяти параллелях для нескольких партий отхода, которые усреднялись квартованием. Результаты рентгенофазового и элементного анализов отхода ФУС представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты рентгенофазового анализа отхода ФУС

Формула	Название минерала	% масс.
Al_2O_3	Корунд	2,4
Na_3AlF_6	Криолит	15,3
$\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$	Хиолит	9
$\text{Na}_2\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{F}_{14}$	Вернеит	3,0
$\text{NaCa}(\text{AlF}_6)$	Томсенолит	2,2
K_2NaAlF_6	Эльпасолит	0,9
C	Графит	67,1

Таблица 2

Результаты элементного анализа отхода ФУС

Концентрация элемента, % масс.						
O	C	Al	Na	Ca	F	K
1,1	67,1	5,5	7,9	1,2	16,8	0,3

Было исследовано термическое поведение отхода ФУС. Из кривой термогравиметрического анализа (рис. 2) следует, что вещество устойчиво до 550 °С. На стадии термолитиза в температурном интервале 550–1000 °С происходит окислительное разложение вещества с выделением CO₂, что подтверждается результатами ИК-спектроскопического анализа отходящих газов. Потере массы при 725 и 948 °С соответствуют экзоэффекты, а при 929 °С наблюдается эндоэффект.

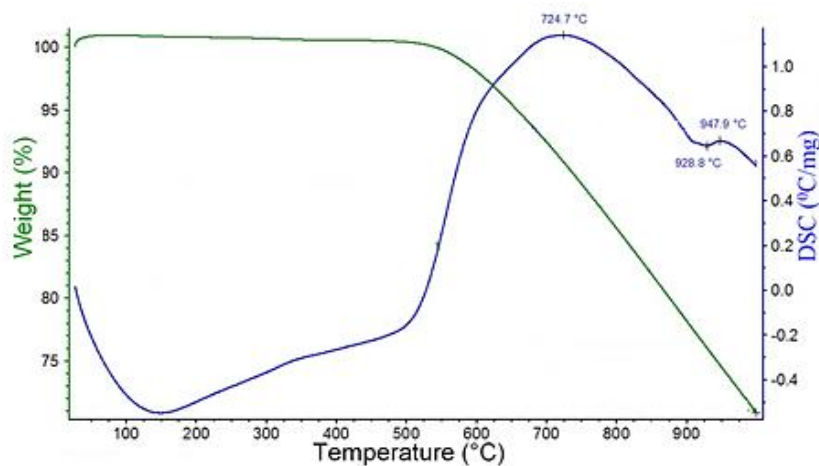


Рис. 2. Термограмма отхода ФУС

Частицы углерода в ВУС были исследованы методом электронной микроскопии. Размер частиц углерода в ВУС соответствует субмикронному диапазону (рис. 3).

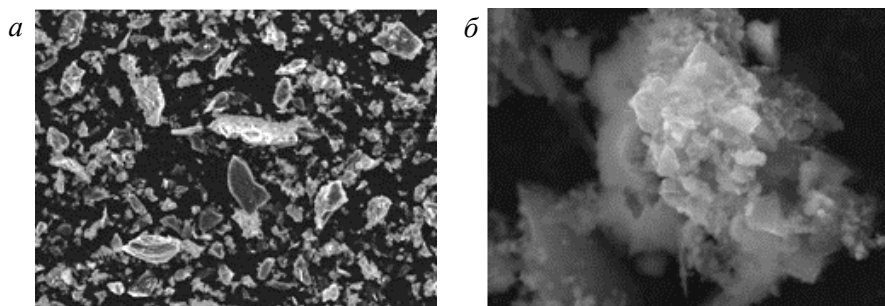


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение поверхности частиц углерода в ВУС:
а – $\times 500$; б – $\times 10\,000$

Были сняты спектры отдельных частиц для получения элементного состава (рис. 4, табл. 3). По данным спектра 1 вещество состоит на 99 % из углерода, можно утверждать, что его частицы представлены плоскими пластинами.

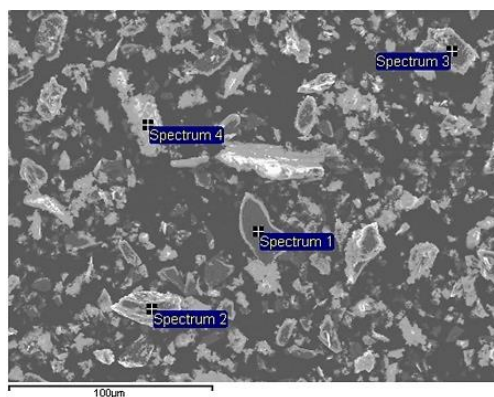


Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение поверхности частиц углерода в ВУС

Таблица 3

Элементный состав частиц углерода

Спектр	Содержание элемента, ат. %										
	C	O	F	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	Ca	Fe
Спектр 1	99,17	–	0,49	–	–	–	–	0,35	–	–	–
Спектр 2	89,76	6,40	1,93	0,20	–	1,08	–	0,16	0,07	0,39	–
Спектр 3	69,01	17,67	4,69	0,74	0,43	3,12	0,36	0,89	–	1,25	1,85
Спектр 4	72,87	16,81	2,98	0,56	0,19	4,59	0,25	0,60	0,13	0,48	0,55

Физико-механические характеристики образцов цементно-песчаного раствора с добавкой ВУС оценивали в сравнении с контрольным составом. Проводили определение диаметра расплыва растворной смеси на встряхивающем столике с числом встряхиваний 15 за рабочий цикл (рис. 5). Как видно из графика, введение ВУС изменяет свойства растворной смеси.

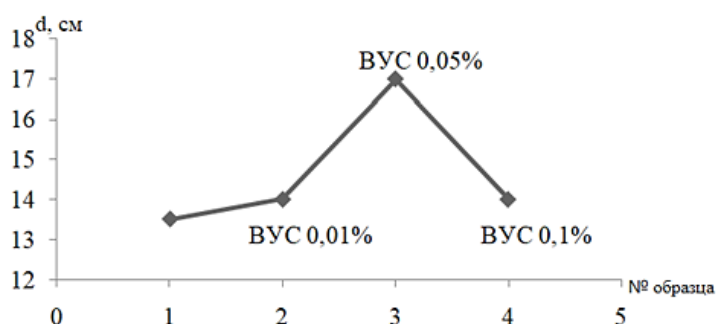


Рис. 5. Определение расплыва раствора на встряхивающем столике с числом встряхиваний 15 за рабочий цикл

Во всех образцах с добавкой ВУС наблюдалось возрастание прочности при изгибе с сохранением постоянной прочности при сжатии (рис. 6 и 7, табл. 4). Испытание прочности в ранние сроки – 3 сут – показало, что в образце с содержанием ВУС 0,1 % прочность при изгибе возрастает на 48,9 % относительно контрольного образца, а в возрасте 28 сут – на 21,7 %.

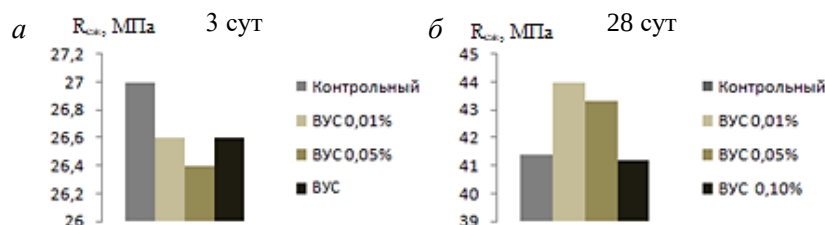


Рис. 6. Результаты испытаний прочности на сжатие:
а – 3 сут; б – 28 сут



Рис. 7. Результаты испытаний прочности на растяжение при изгибе:
а – 3 сут; б – 28 сут

Таблица 4

Результаты испытаний прочности

№ образца	Расход добавки ВУС в составе, %	Возраст, сут	Прочность на сжатие, МПа	Растяжение при изгибе, МПа
1	Контрольный, 0	3	27,0	1,76
		28	41,4	5,75
2	0,01	3	26,6	1,88
		28	44,0	5,80
3	0,05	3	26,4	1,85
		28	43,3	6,15
4	0,1	3	26,6	2,62
		28	41,2	7,0

Был проведен термогравиметрический анализ образцов. Во всех образцах наблюдается три эндозффекта в районе 135–145, 470–485 и 765–775 °С. Потеря массы модифицированных образцов выше относительно контрольного образца (табл. 5), в связи с чем можно предположить, что степень гидратации цемента повышается, свидетельствуя об упрочнении структуры материала, что согласуется с результатами испытаний на прочность.

Таблица 5

Результаты термогравиметрического анализа

Возраст, сут	Контрольный		ВУС 0,01 %		ВУС 0,05 %		ВУС 0,1 %	
	3	28	3	28	3	28	3	28
Эндоэффект 1, °С	138,7	139,3	139,2	144,6	140,2	142,7	136,4	139,9
Потеря массы 1, %	2,75	3,02	2,99	3,42	3,12	3,54	3,53	3,97
Эндоэффект 2, °С	480,2	478,9	480,3	476,6	481,2	474,3	481,5	482,9
Потеря массы 2, %	0,58	0,72	0,62	0,64	0,75	0,99	0,78	0,85
Эндоэффект 3, °С	762,9	771,9	767,4	768,1	769,7	772,3	769,1	771,9
Потеря массы 3, %	1,89	2,32	2,18	2,57	2,63	2,42	2,11	2,25
Остаточная масса, %	93,95	93,05	93,35	93,21	92,51	91,93	92,65	91,94

На термограмме (рис. 8) представлены контрольный образец (зеленая кривая) и с частицами углерода субмикронной размерности на основе ВУС 0,1 % (красная кривая). Как видно из рис. 8, идет рост интенсивности эндоэффекта в районе 480 °С, что также указывает на более глубокую гидратацию.

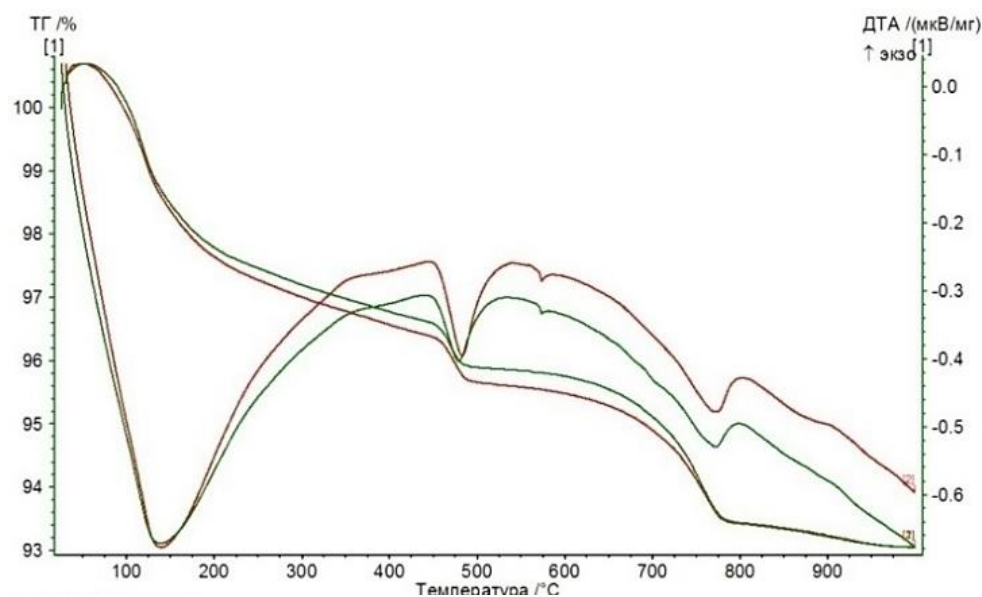


Рис. 8. Термограмма контрольного образца (зеленая кривая) и ВУС 0,1 % (красная кривая)

Образцы контрольного состава и с добавкой частиц углерода субмикронной размерности на основе ВУС 0,1 % исследованы методом электронной микроскопии. Как видно из рис. 9, наблюдается рост и утолщение игольчатых спиц-кристаллов гидросиликатов кальция, что подтверждает предположение об увеличении степени гидратации в присутствии субмикронных частиц углерода в виде ВУС 0,1 % относительно контрольного образца.

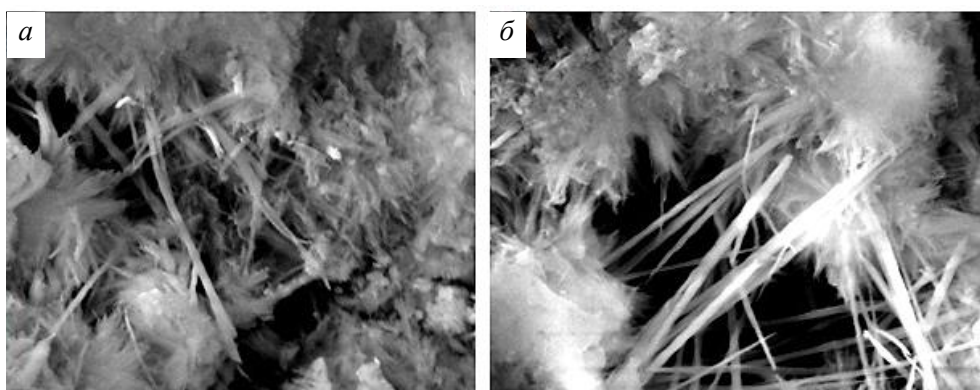


Рис. 9. Изображение затвердевшего цементного раствора:
а – контрольный образец ($\times 20000$); б – ВУС 0,1 %

Были сняты спектры отдельных точек и областей (рис. 10, табл. 6, 7) с исследуемой поверхности раствора контрольного образца и с добавкой субмикронных частиц углерода в виде ВУС 0,1 %.

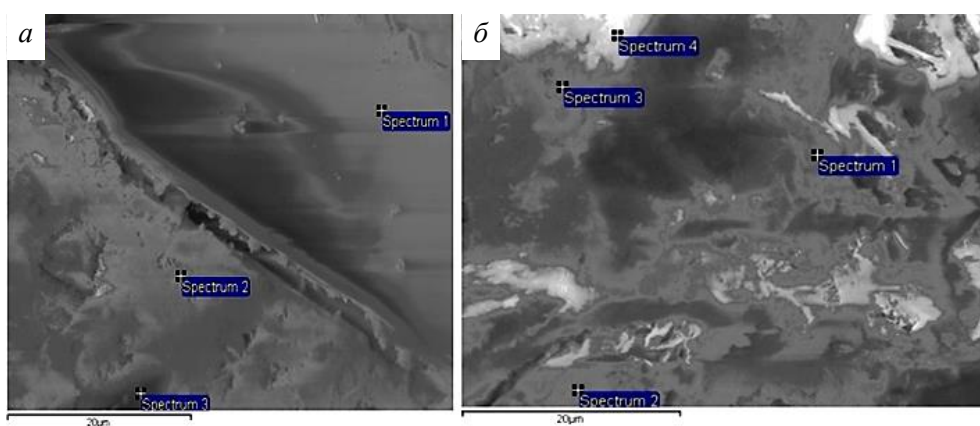


Рис. 10. Электронно-микроскопическое изображение поверхности контрольного образца (а); ВУС 0,1 % (б)

Таблица 6

Элементный состав контрольного образца раствора

Спектр	Содержание элемента, ат. %								
	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
Спектр 1	–	44,65	–	–	48,18	–	–	7,17	–
Спектр 2	6,13	55,33	1,09	1,57	11,58	2,00	–	21,59	0,71
Спектр 3	9,84	67,89	–	1,41	8,38	0,68	0,21	11,32	0,27

Таблица 7

**Элементный состав раствора с добавкой частиц углерода
в виде ВУС 0,1 %**

Спектр	Содержание элемента, ат. %								
	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	Ca	Fe
Спектр 1	9,36	60,99	0,59	1,86	10,96	0,94	–	15,30	–
Спектр 2	3,39	58,09	0,55	0,39	9,82	-	0,34	27,42	–
Спектр 3	3,65	42,91	1,46	2,74	13,28	2,31	–	32,48	1,16
Спектр 4	6,84	55,34	0,74	1,60	9,53	1,53	0,29	23,29	0,82

Образцы раствора были исследованы методом рентгенофазового анализа. Результаты качественного рентгенофазового анализа представлены в табл. 8.

Таблица 8

Результаты качественного рентгенофазового анализа образцов раствора

Образец	Состав
Контрольный	SiO ₂
ВУС 0,01 %	Ca(OH) ₂
ВУС 0,05 %	Na _{0,685} Ca _{0,347} Al _{1,46} Si _{2,54} O ₈
ВУС 0,1 %	MgSiO ₃
	CaMgCO ₃

В результате исследования установлено, что углерод в ВУС представлен плоскими пластинами, размер его частиц соответствует субмикронному диапазону. Во всех образцах с добавкой ВУС наблюдается возрастание прочности при изгибе с сохранением постоянной прочности при сжатии. Степень гидратации цемента повышается в присутствии добавки, свидетельствуя об упрочнении структуры материала, что согласуется с результатами испытаний на прочность. Наблюдается рост и утолщение игольчатых спиц-кристаллов гидросиликатов кальция, что подтверждает предположение об увеличении степени гидратации в присутствии субмикронных частиц углерода.

Выводы

Предложен способ переработки отходов ФУС с получением углерода субмикронной размерности в виде ВУС для модификации растворов и/или бетонов. Полученные данные физико-механических характеристик цементно-песчаного раствора подтверждают возможность применения предложенных модификаторов, запускающих механизмы, приводящие к получению материалов с высокой прочностью при изгибе в ранние сроки для снижения трещинообразования, особенно в тонких слоях бетона (раствора) при большой площади покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зельберг Б.И., Рагозин Л.В., Баранцев А.Г. Справочник металлурга. Производство алюминия и сплавов на его основе. Санкт-Петербург : Изд-во МАНЭБ, 2013. 676 с.

2. Baranova A.N., Gavrilenkob L.V., Morenkoc A.V., Gavrilenkod A.A., Timkinaa E.V., Yakushevich P.A. Production of the Calcium Fluoride From Solid and liquid Wastes of Aluminum Production Process // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2015. V. 4. P. 468–474.
3. Kani E.N., Allahverdi A. Fast set and high early strength cement from limestone, natural pozzolan, and fluorite // International Journal of Civil Engineering. 2010. V. 8 (4). P. 362–369.
4. Menéndez E., Glasser F.P., Aldea B., Andrade C., Zimmermann Y.C. Effects of the incorporation of aluminum fluoride mineralizers in Portlandcement clinker phases // National Council for Cement and Building materials. 2016.
5. Maheswaran S., Kalaiselvam S., Karthikeyan S.K., Kokila C., Palani G.S. β -belite cements (β -dicalcium silicate) obtained from calcined lime sludge and silica fume // Cement and Concrete Composites. 2016. V. 66. P. 57–65.
6. Sarmah S., Saikia J., Bordoloi D.K., Kalita P.J., Bora J.J., Goswamee R.L. Immobilization of fluoride in cement clinkers using hydroxyl-alumina modified paddy husk ash based adsorbent // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2018. V. 93 (2). P. 533–540.
7. Welch B.J. Aluminium production paths in the new millennium // JOM. 1999. V. 51 (5). P. 24–28.
8. Endzhievskaya I.G., Demina A.V., Lavorenko A.A. Synthesis of a mineralizing agent for Portland cement from aluminum production waste // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V. 945. P. 012062.
9. Han B., Ding S., Yu X. Intrinsic self-sensing concrete and structures: A review // Measurement. 2015. V. 59. P. 110–128.
10. Fiala L., Toman J., Vodička J., Ráček V. Experimental Study on Electrical Properties of Steel-fibre Reinforced Concrete // Procedia Engineering. 2016. V. 151. P. 241–248.
11. Xi L., Mingqing S., Zhuoqiu L. Piezo-resistive Effects in Carbon Black-filled Cement-matrix Nanocomposites // Journal of Wuhan University of Technology. 2008. V. 30 (3). P. 57–59.
12. Suping C., Yongxiao L., Mingzhang L. Preparation and Properties of Graphite-cement Based Composites // Journal of the Chinese Ceramic Society. 2007. V. 35 (1). P. 91–95.
13. Fan X., Fang D., Sun M., Li Z. Piezoresistivity of carbon fiber graphite cement-based composites with CCCW // Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. 2011. V. 26 (2). P. 339–343.
14. Banthia N., Djeridane S., Pigeon M. Electrical resistivity of carbon and steel micro-fiber reinforced cements // Cement and Concrete Research. 1992. V. 22 (5). P. 804–814.
15. Han B., Yu X., Kwon E., Ou J.P. Effects of CNT concentration level and water/cement ratio on the piezoresistivity of CNT/cementcomposites // J. Comp.Mater. 2012. V. 46 (1). P. 19–25.
16. Nizina T.A., Ponomarev A.N., Balykov A.S., Pankin N.A. Fine-grained fibre concretes modified by complexed nanoadditives // International Journal of Nanotechnology (IJNT). 2017. V. 14. P. 7–8.
17. Vipulanandan C., Mohammed A. Smart cement modified with iron oxide nanoparticles to enhance the piezoresistive behavior andcompressive strength for oil well applications // Smart Mater. Struct. 2015. V. 24 (12). P. 1–11.
18. Usanova K., Rybakov V., Udalova V., Kovylkov A. Examination of Quality and Operational Properties of Vibropressed Paving Elements // MATEC Web of Conferences. 2016. V. 73. P. 040131.
19. Urkhanova L.A., Buyantuev S.L., Urkhanova A.A., Lkhasaranov S.A., Ardashova G.R., Fediuk R.S., Svintsov A.P., Ivanov I.A. Mechanical and electrical properties of concrete modified by carbon nanoparticles, Magazine of Civil Engineering. 2019. V. 92 (8). P. 163–172.

REFERENCES

1. Zelberg B.I., Ragozin L.V., Barantsev A.G. Spravochnik metallurga. Proizvodstvo alyuminiya i splavov na yego osnove [Metallurgist's guide. Production of aluminum and aluminum-based alloys]. Saint-Petersburg: MANEB, 2013. 676 p. (rus)
2. Baranova A.N., Gavrilenkob L.V., Morenkoc A.V., Gavrilenkod A.A., Timkinaa E.V., Yakushevich P.A. Production of the calcium fluoride from solid and liquid wastes of aluminum production process. *Engineering & Technologies*. 2015. V. 4. Pp. 468–474.

3. Kani E.N., Allahverdi A. Fast set and high early strength cement from limestone, natural pozzolan, and fluorite. *International Journal of Civil Engineering*. 2010. V. 8(4). Pp. 362–369.
4. Menéndez E., Glasser F.P., Aldea B., Andrade C., Zimmermann Y.C. Effects of the incorporation of aluminum fluoride mineralizers in Portland cement clinker phases. *National Council for Cement and Building Materials*. 2016.
5. Maheswaran S., Kalaiselvam S., Karthikeyan S.K., Kokila C., Palani G.S. β -belite cements (β -dicalcium silicate) obtained from calcined lime sludge and silica fume. *Cement and Concrete Composites*. 2016. V. 66. Pp. 57–65.
6. Sarmah S., Saikia J., Bordoloi D.K., Kalita P.J., Bora J.J., Goswamee R.L. Immobilization of fluoride in cement clinkers using hydroxyl-alumina modified paddy husk ash based adsorbent, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2018. V. 93(2). Pp. 533–540.
7. Welch B.J. Aluminium production paths in the new millennium. *JOM*. 1999. V. 51(5). Pp. 24–28.
8. Endzhievskaya I.G., Demina A.V., Lavorenko A.A. Synthesis of a mineralizing agent for Portland cement from aluminum production waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. V. 945. 012062.
9. Han B., Ding S., Yu X. Intrinsic self-sensing concrete and structures: A review. *Measurement*. 2015. V. 59. Pp. 110–128.
10. Fiala L., Toman J., Vodička J., Ráček V. Experimental study on electrical properties of steel-fibre reinforced concrete. *Procedia Engineering*. 2016. V. 151. Pp. 241–248.
11. Xi L., Mingqing S., Zhuoqiu L. Piezo-resistive effects in carbon black-filled cement-matrix nanocomposites. *Journal of Wuhan University of Technology*. 2008. V. 30 (3). Pp. 57–59.
12. Suping C., Yongxiao L., Mingzhang L. Preparation and properties of graphite-cement based composites. *Journal of the Chinese Ceramic Society*. 2007. V. 35 (1). Pp. 91–95.
13. Fan X., Fang D., Sun M., Li Z. Piezoresistivity of carbon fiber graphite cement-based composites with CCCW. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.* 2011. V. 26 (2). Pp. 339–343.
14. Banthia N., Djeridane S., Pigeon M. Electrical resistivity of carbon and steel micro-fiber reinforced cements. *Cement and Concrete Research*. 1992. V. 22 (5). Pp. 804–814.
15. Han B., Yu X., Kwon E., Ou J.P. Effects of CNT concentration level and water/cement ratio on the piezoresistivity of CNT/cement composites. *Journal of Composite Materials*. 2012. V. 46 (1). Pp. 19–25.
16. Nizina T.A., Ponomarev A.N., Balykov A.S., Pankin N.A. Fine-grained fibre concretes modified by complexed nanoadditives. *International Journal of Nanotechnology (IJNT)*. 2017. V. 14. Pp. 7–8.
17. Vipulanandan C., Mohammed A. Smart cement modified with iron oxide nanoparticles to enhance the piezoresistive behavior and compressive strength for oil well applications. *Smart Materials and Structures*. 2015. V. 24 (12). Pp. 1–11.
18. Usanova K., Rybakov V., Udalova V., Kovylov A. Examination of quality and operational properties of vibropressed paving elements. *MATEC Web of Conferences*. 2016. V. 73. 040131.
19. Urkhanova L.A., Buyantuev S.L., Urkhanova A.A., Lkhasaranov S.A., Ardashova G.R., Fediuk R.S., Svintsov A.P., Ivanov I.A. Mechanical and electrical properties of concrete modified by carbon nanoparticles. *Magazine of Civil Engineering*. 2019. V. 92 (8). Pp. 163–172.

Сведения об авторах

Енджиевская Ирина Геннадьевна, канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, isaend@mail.ru

Демина Анастасия Вадимовна, аспирант, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, Nastia_95@mail.ru

Галкин Максим Андреевич, аспирант, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, gal.makcim2014@yandex.ru

Authors Details

Irina G. Endzhievskaya, PhD, A/Professor, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, icaend@mail.ru

Anastasia V. Demina, Research Assistant, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia

Maksim A. Galkin, Research Assistant, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, gal.makcim2014@yandex.ru

УДК 691.537

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-128-137

*И.Г. ЕНДЖИЕВСКАЯ, А.В. ДЕМИНА,
А.С. ЕНДЖИЕВСКИЙ, С.Д. ДУБРОВСКАЯ,
Сибирский федеральный университет*

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДОБАВОК В БЕТОНЕ

Аннотация. В современном строительстве минеральные добавки рассматриваются как важный компонент в бетоне ответственных конструкций, повышающий ряд технических характеристик. Представленный в качестве инертной добавки тонкодисперсный известняк может выступать как реакционноспособный в системе с супер- и гиперпластификаторами, особенно в среде твердеющего цемента, с образованием газовой фазы. На газовыделение оказывает влияние реология системы, оно может значительно возрастать при снижении вязкости, например, при работе с самовыравнивающимися смесями.

В этом случае микронаполняющая функция дисперсных добавок может быть недостаточно реализована, и оптимальное содержание не приведет к положительному влиянию на структуру и свойства бетона. Поэтому очень важно оценивать совместимость минеральных и химических добавок, которая на сегодняшний день мало изучена.

Ключевые слова: тонкодисперсные минеральные добавки (ТМД), минеральные наполнители бетона, микрокальцит, тонкодисперсный известняк, известняковая мука, суперпластификатор, газовыделение

Для цитирования: Енджиевская И.Г., Демина А.В., Енджиевский А.С., Дубровская С.Д. Оценка взаимодействия добавок в бетоне // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 128–137.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-128-137

*I.G. ENDZHIEVSKAYA, A.V. DEMINA,
A.S. ENDZHIEVSKII, S.D. DUBROVSKAYA,
Siberian Federal University*

EVALUATION OF ADDITIVE INTERACTION IN CONCRETE

Abstract. In modern construction, mineral additives are considered as important concrete components, which improve many technical parameters. Being an inert additive, finely dispersed limestone behaves as a reactive one in a system with super- and hyper-plasticizers, especially in a hardening cement, with the formation of a gas phase. The outgassing is influenced by the system rheology and can be significantly increased with decreasing viscosity, for example, when working with self-leveling mixtures. In this case, the micro-filling function of dispersed additives may be not sufficiently implemented, and the optimum content has not a positive effect on the structure and properties of concrete. It is therefore advisable to evaluate the compatibility of mineral and chemical additives, which has been little studied to date.

Keywords: finely dispersed mineral additives, mineral fillers of concrete, microcalcite, fine limestone, limestone flour, superplasticizer, outgassing

For citation: Endzhievskaya I.G., Demina A.V., Endzhievskii A.S., Dubrovskaya S.D. Otsenka vzaimodeistviya dobavok v betone [Evaluation of additive interaction in concrete]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 128–137.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-128-137

Выполнение масштабных строительных проектов дает новый виток развития бетонных технологий. Стало возможным создавать бетоны заданной функциональности, прогнозировать их свойства, а также управлять ими, добиваясь требуемых результатов. В современном строительном бетоноведении для решения возникающих строительно-технологических задач необходимо отдавать предпочтение использованию многокомпонентного комплекса минеральных и химических добавок.

Для повышения плотности, морозостойкости и коррозионной стойкости бетона при сохранении прочностных характеристик применяют тонкодисперсные минеральные добавки (ТМД), позволяющие управлять формированием структуры и свойствами цементного камня. Как в России, так и за рубежом чаще всего в качестве ТМД используют такие продукты, как микрокремнезем, микрокальцит (известняковая мука), метакраин, доменные гранулированные шлаки. Минеральные добавки, как правило, имеют большую удельную поверхность, что может вызвать значительное повышение водопотребности смеси, увеличение капиллярной пористости и ухудшение эксплуатационных характеристик получаемых материалов.

Исходя из этого, целесообразным является применение высокоэффективных модификаторов в комплексе с ТМД, что позволяет максимально реализовать потенциал обеих групп добавок, а также получить значительный экономический эффект за счет снижения расхода цемента и увеличения долговечности бетона.

Однако вопросы взаимодействия цементного камня, минеральных наполнителей и пластификаторов мало изучены и являются актуальной задачей развития теории и практики современного строительного материаловедения.

Для обеспечения нерасслаиваемости при повышенной подвижности смеси монолитных бетонов и других технологических свойств требуется введение ТМД, поскольку дисперсная часть смеси (цемент + ТМД) должна составлять около 500 кг/м³. Для многих производителей товарного бетона целесообразность введения минеральных добавок ограничена материальными вложениями. Поэтому важно подобрать ТМД, которая действительно повысит технические характеристики и качество получаемого бетона. В этой связи необходимо исследовать возможные реакции взаимодействия в комплексе ТМД и суперпластификатор, анализировать причины и предотвращать нежелательные и, возможно, вредные последствия для человека и окружающей среды в целом.

Известны исследования, посвященные использованию в качестве ТМД таких добавок, как микрокремнезем [2, 3], зола-унос [4–6] и каменная мука [7, 8]. В трудах [7] также описано действие каменной муки – тонко измельченной горной породы, являющейся инертным наполнителем либо частично активной вследствие механоактивации. Микрокальцит, или известняковая мука, – одна из наиболее популярных минеральных добавок [9–15], частицы которой заполняют пустоты между зернами цемента, улучшая микрогранулометрию смеси.

Для обеспечения высокой эффективности действия минеральных добавок важен расход, дисперсность, а также их свойства. Но даже в случае инертности минеральной добавки и подразумеваемого микронаполняющего эффекта

в зоне контакта с частицами гидратирующего вяжущего в присутствии химических модификаторов могут возникать химические или физические эффекты, приводящие к возможным реакциям. При введении ТМД энергетическое воздействие её поверхности будет оказывать существенное влияние как на контактную зону, так и на само вяжущее вещество.

Цель работы: исследование процессов взаимодействия минеральных и химических добавок – тонкодисперсного известняка в комплексе с применением пластифицирующих добавок трёх основных классов – для оценки воздействия на физико-механические характеристики бетонов, особенно с использованием смесей высокой подвижности.

Для определения причины газовыделения и оценки совместимости минеральной и химических пластифицирующих добавок для бетона их смешивали с тонкодисперсным известняком двух месторождений – Красноярского края и Кемеровской области. Минеральные добавки отбирали на предприятии, где получали помолот горных пород – известняков двух месторождений на промышленной мельнице – Мазульского Красноярского края и Соломинского Кемеровской области. Дисперсность определялась по проходу через сито 0,071 не менее 80 %.

Пластификаторы трёх основных классов представлены на рис. 1.

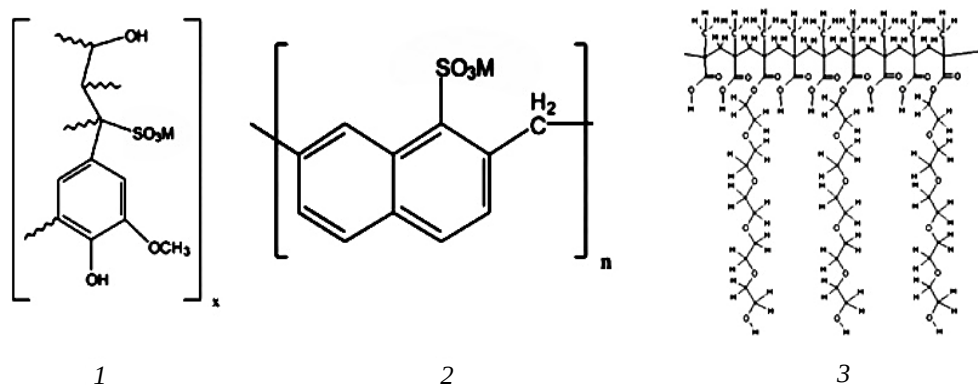


Рис. 1. Пластификаторы трёх основных классов:

1 – соединения на основе технических лигносульфанатов (ЛСТ); 2 – сульфированные нафталинформальдегидные полимеры (СНФП); 3 – поликарбоксилатные эфиры (РСЕ)

Порошковые рентгенограммы молотого известняка до и после реакций с пластификаторами снимали при комнатной температуре на рентгеновском дифрактометре D8-ADVANCE (фирма Bruker). Длина волны излучения ($\text{CuK}\alpha$) равна 1,54 Å. Идентификация материалов проводилась с использованием информационно-поисковой системы (ИПС ФИ).

Химический состав молотого известняка получали на рентгенофлуоресцентном спектрометре ARLOPTIM'X.

Анализ отходящих газов проводили на газоанализаторе Testo 300 Longlife, измерения pH растворов – на pH-метре – анализаторе воды мод. HI 8314.

Для определения механизма реакции между известняковой мукой и химическими добавками-пластификаторами исследовали химический и фазовый состав известняка, рентгенограмма которого представлена на рис. 2.

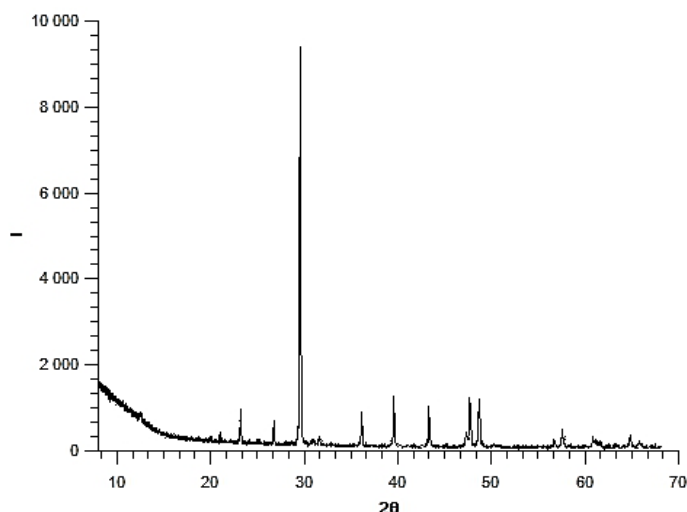


Рис. 2. Рентгенограмма известняковой муки

Результаты рентгенофазового и химического анализов известняковой муки представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты рентгенофазового анализа известняковой муки

Формула	% масс.
CaCO_3	86,04
SiO_2	4,38
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	5,40
$\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}$	4,18

Таблица 2

Результаты химического анализа известняковой муки

SiO_2	Al_2O_3	FeO_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	SO_3	ппп
2,88	1,60	1,19	76,56	7,9	–	–	–	0,67	9,2

Как видно из рентгенограммы, известняковая мука, полученная помолом породы Мазульского известнякового рудника, представлена в основном кальцитом (CaCO_3 , $d = 3,86; 3,03; 1,912$ нм).

Результаты определения pH среды химических добавок-модификаторов и известняковой муки представлены в табл. 3. Концентрации подобраны под реальные условия, т. е. учитывалось, что добавка-пластификатор вводится с 1/2 или 1/3 частью воды затворения.

Таблица 3

**Результаты определения pH среды химических добавок-модификаторов
и известняковой муки**

Образец	Концентрация		
	Конц. р-р	6%-й р-р	1%-й р-р
ЛСТ	7,6	7,5	7,2
СНФП	8,3	7,9	7,3
РСЕ	4,8	3,9	4,0
CaCO ₃	8,0	—	—

Для изучения процесса взаимодействия молотого известняка с пластифицирующими добавками смешивали 20 г молотого известняка, по 2 г пластификаторов трех различных видов и 30 см³ воды, при этом во всех трех пробах наблюдалось мгновенное газовыделение. Газы собирались для анализа. В начальный период во всех пробах газоанализатор показывал выделение CO₂, однако по истечении некоторого времени наблюдалось обильное газовыделение углеродных групп. Состав отходящих газов представлен в табл. 4.

Таблица 4

Химический состав отходящих газов

№ состава (CaCO ₃ + H ₂ O с пластификаторами)	Вид пластифицирующей добавки	Наименование показателей	Значение показателя
1	ЛСТ+CaCO ₃	CO(NH ₂) ₂ , мл/м ³	0,01
		SO ₂ , мл/дм ³	0,0643
2	СНФП+CaCO ₃	SO ₂ , мл/дм ³	0,0643
3	РСЕ+CaCO ₃	NH ₄ OH, мл/дм ³	0,35
		NH ₄ NO ₃ , мл/дм ³	0,005
		N ₂ O, мл/дм ³	0,003
		NO, мл/дм ³	0,001

Данные, представленные в табл. 4, указывают на процесс химического взаимодействия между известняковой мукой и пластифицирующими добавками с разложением пластификатора и CaCO₃. Также результаты анализов отходящих газов указывают на присутствие в составах добавок серы и азота, которые могут выступать как в качестве радикалов цепи (например, в виде NH₄⁺ и SO₃²⁻), так и входить в состав самой цепи.

Водородный показатель водных растворов пластификатора с молотым известняком остался неизменным для СНФП, практически неизменным для ЛСТ и значительно изменился для РСЕ (табл. 5). Относительно водных растворов пластификаторов (см. табл. 3) можно сделать вывод, что pH растворов стремится к значению pH раствора молотого известняка, из чего следует что

мера кислотности добавки пластификатора не имеет значения, реакция протекает в среде водного раствора известняка, равного 8,0.

Таблица 5

Водородный показатель растворов пластификаторов

Вид модификатора	pH
ЛСТ + CaCO ₃	7,7
PCE + CaCO ₃	7,6
СНФП + CaCO ₃	7,9

Для подтверждения предположений о взаимодействии пластификаторов с молотым известняком смеси оставили на 24 ч до окончания газовыделения, далее отфильтровали на вакуумном фильтре, осадки промыли водой, высушили при комнатной температуре. Полученные осадки представлены на рис. 3.

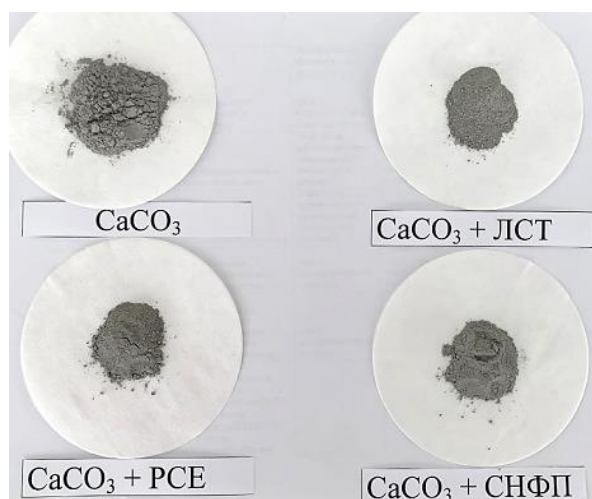


Рис. 3. Осадки после взаимодействия пластификаторов с известняком

Далее осадки исследовали методом рентгенофазового анализа. Рентгенограммы осадков представлены на рис. 4.

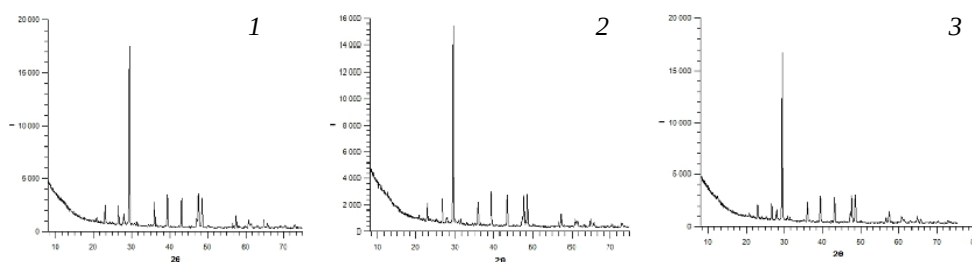


Рис. 4. Рентгенограммы осадков после взаимодействия:
1 – ЛСТ + CaCO₃; 2 – PCE + CaCO₃; 3 – СНФП + CaCO₃

На всех трех рентгенограммах наблюдается образование пика при $d = 3,19$ нм, который соответствует $\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}$, что свидетельствует о росте процентного содержания данного компонента в смеси. Результаты рентгенофазового анализа осадков представлены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты рентгенофазового анализа осадков

Формула	ЛСТ + CaCO_3 , % масс.	СНФП + CaCO_3 , % масс.	РСЕ + CaCO_3 , % масс.
CaCO_3	74,28	73,09	77,31
SiO_2	4,12	4,31	4,15
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	7,62	9,95	5,30
$\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}$	13,98	12,65	13,24

Как следует из табл. 6, содержание CaCO_3 в смеси уменьшается, что также свидетельствует о химическом взаимодействии добавок-пластификаторов с молотым известняком, отсутствие новых компонентов в смеси указывает на то, что продукт взаимодействия, содержащий Ca^{2+} , находится в растворе.

При подборках составов и оценке свойств литой, самоуплотняющейся бетонной смеси, а также самовыравнивающейся строительной смеси для напольного покрытия с использованием в качестве минеральной добавки тонкодисперсного известняка визуально наблюдалось газовыделение, которое снижало прочность затвердевшего бетона относительно составов с другими наполнителями (табл. 7). В составах с добавками микрокремнезема и каменной муки на основе кремнеземсодержащих пород такого эффекта не возникало. Данный эксперимент подтверждает, что происходит взаимодействие известняка с пластифицирующими добавками, которое, в свою очередь, снижает физико-механические характеристики бетонов.

Таблица 7

Физико-механические характеристики бетонов

Вид наполнителя	Расход добавки микронаполнителя, %	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут		
		3	7	28
Известняковая мука Ма- зунского месторождения	36	31,2	33,1	34,4
Каменная мука плотной горной породы	37	33,8	37,0	41,8

Проведённые исследования позволяют утверждать, что применение тонкодисперсного известняка в качестве минеральной добавки в бетоны с использованием пластифицирующих добавок трёх основных классов приводит к газообразованию, поскольку данные компоненты вступают во взаимодействие друг с другом. В работе определен механизм взаимодействия. Возможно, реакционная способность связана также с составом – количеством карбонатных компонентов и минералов-примесей в составе известняка.

Выводы

В современном строительстве минеральные добавки рассматриваются как важный компонент в бетоне ответственных конструкций, повышающий ряд технических характеристик. Рассматриваемые в качестве инертных добавок молотые горные породы, в частности тонкодисперсный известняк, могут выступать как реакционноспособные в системе с супер- и гиперпластификаторами, особенно в среде твердеющего цемента, с образованием газовой фазы. На газовыделение оказывает влияние реология системы, оно может значительно возрастать при снижении вязкости, например, при работе с самовыравнивающимися смесями. В этом случае микронаполняющая функция дисперсных добавок может быть недостаточно реализована, и оптимальное содержание не приведет к положительному влиянию на структуру и свойства бетона. Поэтому очень важно оценивать совместимость минеральных и химических добавок, которая на сегодняшний день мало изучена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болотских О.Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика // Технологии бетонов. 2008. Вып. 10. С. 28–31.
2. Крамар Л.Я., Кудяков А.И., Трофимов Б.Я., Шуляков К.В. Цементные тяжелые бетоны для строительства скоростных автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 4 (63). С. 147–157.
3. Ильина Л.В., Кудяков А.И., Туляганов А.К. Цементные растворы с тонкодисперсными минеральными добавками // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. № 12 (732). С. 32–43.
4. Губарь В.Н., Петрик И.Ю., Жибоедов А.В. Способы повышения качества золы-уноса ТЭС, применяемой в высококачественных бетонах // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2016. № 3 (119). С. 63–70.
5. Муртазаев С.А.Ю., Саламанова М.Ш., Куразов М.С., Индарбаев М.И., Эльмурзаев Р.А. Разработка составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов на основе комплексных модификаторов // Устойчивое развитие науки и образования. 2017. № 11. С. 102–108.
6. Матвеева М.А., Солонина В.А., Илясова С.В. Наполнение матрицы цементного вяжущего // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов, посвященной 10-летию создания Института промышленных технологий и инжиниринга. 2018. С. 71–73.
7. Бердов Г.И., Ильина Л.В., Никоненко Н.И. Влияние дисперсности минеральных наполнителей на прочность цементного камня // Актуальные вопросы строительства : материалы V Всероссийской научно-технической конференции / отв. за выпуск Ю.Л. Сколубович. 2012. С. 257–260.
8. Паломо А., Мальцева О., Фернандес-Хименес А. Промышленность в XXI веке. Новые добавки в цемент и бетон (Ч. I) // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2015. № 2–3 (39). С. 30–41.
9. Зыонг вьет лонг. Микрокальцит для качественных сухих строительных смесей // Строительные материалы. 2008. № 2. С. 10–11.
10. Исмаилова З.Х., Алиев С.А., Хубаев М.С.-М. Известняковая мука как тонкомолотый наполнитель для высокопрочных фибробетонов // Научные технологии и инновации : сб. докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 131–142.
11. Коротких Д.Н., Погорелова Ю.В. Явные реологические свойства обводненных систем техногенного карбоната кальция и известняковой каменной муки // Альтернативная и интеллектуальная энергетика : материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 264–267.

12. Коровкин М.О., Гринцов Д.М., Ерошкина Н.А., Лавров И.Ю. Влияние расхода известняковой муки и суперпластификатора на свойства мелкозернистого бетона // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов : материалы XIII Международной научно-технической конференции молодых ученых, посвященной памяти профессора В.И. Калашникова / под общ. ред. М.О. Коровкина, Н.А. Ерошкиной. 2018. С. 56–60.
13. Емельянов Д.В., Ерофеев В.Т., Балатханова Э.М., Марков С.В., Голубка А.И. Исследование цементных композитов с добавкой тонкодисперсных частиц речного известняка // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 423–425.
14. Мамытов А.С. Модифицированные растворы и бетоны повышенной прочности из местного сырья // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 7. С. 162–167.
15. Васёв С.С., Сарайкина К.А. Модификация портландцементного вяжущего карбонатными породами // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2019. Т. 2. С. 324–328.

REFERENCES

1. Bolotskikh O.N. Samouplotnyayushchiysya beton i ego diagnostika [Self-compacting concrete and its diagnosis]. *Tekhnologii betonov*. 2008. No. 10. Pp. 28–31. (rus)
2. Kramar L.Ya., Kudyakov A.I., Trofimov B.Ya., Shuldyakov K.V. Tsementnye tyazhelye betony dlya stroitel'stva skorostnykh avtomobil'nykh dorog [Cement heavy concretes for highway construction]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2017. No. 4 (63). Pp. 147–157. (rus)
3. Il'ina L.V., Kudyakov A.I., Tulyaganov A.K. Tsementnye rastvory s tonkodispersnymi mineral'nymi dobavkami [Cement mortars with fine mineral additives]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2019. No. 12 (732). Pp. 32–43. (rus)
4. Gubar' V.N., Petrik I.Yu., Zhiboedov A.V. Sposoby povysheniya kachestva zoly-unos TES, primenyaemoi v vysokokachestvennykh betonakh [Quality improvement of TPP fly ash used in high quality concrete]. *Vestnik Donbasskoi natsional'noi akademii stroitel'stva i arkhitektury*. 2016. No. 3 (119). Pp. 63–70. (rus)
5. Murtazaev S-A.Yu., Salamanova M.Sh., Kurazov M.S., Indarbaev M.I., El'murzaev R.A. Razrabotka sostavov vysokoprochnykh samouplotnyayushchikhsya betonov na osnove kompleksnykh modifikatorov [Development of high-strength self-compacting concrete compositions based on complex modifiers]. *Ustoichivoe razvitie nauki i obrazovaniya*. 2017. No. 11. Pp. 102–108. (rus)
6. Matveeva M.A., Solonina V.A., Ilyasova S.V. Napolnenie matritsy tsementnogo vyazhushchego [Cement binder matrix filling]. In: *Energoberezhenie i innovatsionnye tekhnologii v toplivno-energeticheskom komplekse: materialy Natsional'noi s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov, molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoi 10-letiyu sozdaniya Instituta promyshlennykh tekhnologii i inzhiniringa (Proc. 10th Int. Sci. Conf. 'Energy Saving and Innovation Technologies in Fuel and Energy Sector')*. 2018. Pp. 71–73. (rus)
7. Berdov G.I., Il'ina L.V., Nikonenko N.I. Vliyaniye dispersnosti mineral'nykh napolnitelei na prochnost' tsementnogo kamnya [Influence of mineral filler dispersion on cement stone strength]. In: *Aktual'nye voprosy stroitel'stva: materialy V Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Proc. 5th All-Russian. Sci. Conf. 'Relevant Problems of Construction')*. 2012. Pp. 257–260. (rus)
8. Palomo A., Mal'tseva O., Fernandes-Khimenos A. Promyshlennost' v XXI veke. Novye dobavki v tsement i beton (Ch. I) [Industry in the 21st century. New additives for cement and concrete. Pt 1]. *ALITinform: Tsement. Beton. Sukhie smesi*. 2015. No. 2–3 (39). Pp. 30–41. (rus)
9. Zyong Vet Long. Mikrokal'tsit dlya kachestvennykh sukhikh stroitel'nykh smesei [Microcalcite for quality dry mixes]. *Stroitel'nye materialy*. 2008. No. 2. Pp. 10–11. (rus)
10. Ismailova Z.Kh., Aliev S.A., Khubaev M.S-M. Izvestnyakovaya muka kak tonkomoloty napolnitel' dlya vysokoprochnykh fibrobetonov [Limestone flour as fine aggregate for high-strength fiber concrete]. In: *Naukoemkie tekhnologii i innovatsii: sb. dokladov Mezhdunarod-*

- noi nauchno-prakticheskoi konferentsii (*Coll. Papers 'Science-Based Technologies and Innovations'*). 2016. Pp. 131–142. (rus)
11. Korotkikh D.N., Pogorelova Yu.V. Yavnye reologicheskie svoystva obvodnennykh sistem tekhnogennogo karbonata kal'tsiya i izvestnyakovoi kamennoi muki [Explicit rheological properties of watered systems of industrial calcium carbonate and limestone rock flour]. In: *Alternativnaya i intellektual'naya energetika: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Proc. Int. Sci. Conf. 'Alternative and Intelligent Energy')*. 2018. Pp. 264–267. (rus)
 12. Korovkin M.O. (Ed.), Grintsov D.M., Eroshkina N.A. (Ed.), Lavrov I.Yu. Vliyanie raskhoda izvestnyakovoi muki i superplastifikatora na svoystva melkozernistogo betona [Influence of limestone flour and superplasticiser consumption on fine concrete properties]. In: *Teoriya i praktika povysheniya effektivnosti stroitel'nykh materialov: materialy XIII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoi pamyati professora V.I. Kalashnikova (Proc. 13th Conf. of Students and Young Scientists 'Theory and Practice of Efficiency Improvement of Building Materials')*. 2018. Pp. 56–60. (rus)
 13. Emel'yanov D.V., Erofeev V.T., Balatkhanova E.M., Markov S.V., Golubka A.I. Issledovanie tsementnykh kompozitov s dobavkoi tonkodispersnykh chastits rechnogo izvestnyaka [Cement composites with fine river limestone particles]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2014. No. 9–10 (77). Pp. 423–425. (rus)
 14. Mamytov A.S. Modifitsirovannye rastvory i betony povyshennoi prochnosti iz mestnogo syr'ya [Modified mortars and reinforced concrete made of local raw materials]. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2019. V. 5. No. 7. Pp. 162–167. (rus)
 15. Vasev S.S., Saraikina K.A. Modifikatsiya portlandtsementnogo vyazhushchego karbonatnymi porodami [Modification of Portland cement binder with carbonate rocks]. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika*. 2019. V. 2. Pp. 324–328. (rus)

Сведения об авторах

Энджиевская Ирина Геннадьевна, канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, icaend@mail.ru

Демина Анастасия Вадимовна, аспирант, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, Nastia_95@mail.ru

Энджиевский Антон Сергеевич, аспирант, Инженерно-строительный институт Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, antonend96@mail.ru.

Дубровская София Дмитриевна, студент, Инженерно-строительный институт Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82, dubrovskaya.sofiya@inbox.ru

Authors Details

Irina G. Endzhievskaya, PhD, A/Professor, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, icaend@mail.ru

Anastasia V. Demina, Research Assistant, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, Nastia_95@mail.ru

Anton S. Endzhievskii, Research Assistant, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, Nastia_95@mail.ru

Sofiya D. Dubrovskaya, Student, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, dubrovskaya.sofiya@inbox.ru

УДК 666.3-1

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-138-146

*В.В. ШЕХОВЦОВ, Н.К. СКРИПНИКОВА, А.Б. УЛМАСОВ,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

СИНТЕЗ АЛЮМОМАГНЕЗИАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ $MgAl_2O_3$ В СРЕДЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ*

Аннотация. Поиск новых методов синтеза керамики на основе алюмомагнезиальной шпинели $MgAl_2O_3$ на сегодняшний день является актуальной задачей для огнеупорной, металлургической и оптической промышленности.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по получению алюмомагнезиальной шпинели $MgAl_2O_3$ в среде термической плазмы. Синтез образцов производился из природных материалов (магнезит $MgCO_3$ и бёмит $\gamma-AlO(OH)$) в стехиометрическом соотношении $Al_2O_3/MgO = 2,53$.

Установлено, что оптимальным режимом синтеза керамического образца является: сила тока 100 А, напряжение 90 В, расход плазмообразующего газа 1 г/с, время плавления 30 с. При таких параметрах формируется полусферическая капля расплава, что говорит о полном плавлении исходных компонентов. Плотность закристаллизованного образца соответствует 3,5 г/см³. Синтезированная керамическая матрица характеризуется высокой концентрацией стехиометрической фазы $MgAl_2O_4$. При этом для $2\theta = 29,4^\circ$ и $30,8^\circ$ присутствует расщепление рефлекса, которое относится к нестехиометрической шпинели (Mg, Al) Al_2O_4 переменного состава. Морфология керамической матрицы представлена призматическими зёрнами 30–60 мкм, соединёнными волокнами диаметром 1–3 мкм.

Ключевые слова: керамика, алюмомагнезиальная шпинель, термическая плазма, физико-химические исследования

Для цитирования: Шеховцов В.В., Скрипникова Н.К., Улмасов А.Б. Синтез алюмомагнезиальной керамики $MgAl_2O_3$ в среде термической плазмы // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 138–146.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-138-146

*V.V. SHEKHOVTSOV, N.K. SKRIPNIKOVA, A.B. ULMASOV,
Tomsk State University of Architecture and Building*

SYNTHESIS OF ALUMINUM-MAGNESIAN CERAMICS $MgAl_2O_3$ IN THERMAL PLASMA ENVIRONMENT

Abstract. A search for new methods for the synthesis of magnesium-aluminum ceramics is currently an urgent task for the refractory, metallurgical, and optical industries. The paper presents the experimental results of the magnesium-aluminum spinel $MgAl_2O_3$ synthesis in the thermal plasma. The samples are synthesized from natural materials such as magnesite $MgCO_3$ and boehmite $\gamma-AlO(OH)$ in the stoichiometric ratio $Al_2O_3/MgO = 2.53$. It is shown that the optimum conditions for the ceramic sample synthesis include 100 A current strength, 90 V voltage, 1 g/s gas rate, 30 s melting time. In these conditions, the formation of a hemispherical melt drop is observed, which confirms a complete melting of the initial components. The density of the crystallized sample is 3.5 g/cm³. The synthesized ceramic matrix is characterized by a high con-

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-66.2022.4.

centration of the stoichiometric phase $MgAl_2O_4$. At the same time, for $2\theta = 29.4^\circ$ and 30.8° , the reflection splits, thereby indicating to the nonstoichiometric spinel $(Mg, Al)Al_2O_4$ of variable composition. The ceramic matrix morphology represents prismatic grains 30–60 μm in size connected by fibers with a diameter of 1–3 μm .

Keywords: ceramics, magnesium-aluminum spinel, thermal plasma, physicochemical research

For citation: Shekhovtsov V.V., Skripnikova N.K., Ulmasov A.B. Sintez alumomagnezial'noi keramiki $MgAl_2O_3$ v srede termicheskoi plazmy [Synthesis of aluminum-magnesian ceramics $MgAl_2O_3$ in thermal plasma environment]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 138–146. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-138-146

На сегодняшний день активно развивается область получения шпинелевой керамики. Шпинели наиболее часто встречаются в контактово-метасоматических образованиях среди доломитов и магнезиальных известняков, где образуются в результате воздействия пневматолитовых агентов магмы при высоких температурах [1]. Изредка в природе можно встретить чистые шпинели, обычно они содержат различные примеси. Кристаллы бывают окрашены минеральными примесями в различные сочные цвета: бурый, чёрный, розовый, красный, синий [2]. Наиболее перспективными добавками являются те, которые образуют твердые растворы. Ими могут быть оксиды галлия, скандия или других редкоземельных элементов, которые будут способствовать образованию твердых растворов с MgO и Al_2O_3 . Перечисленные добавки играют большую роль в образовании твердых растворов в обеих подрешетках шпинели с возникновением вакансий, что обеспечит на этапе спекания достижение плотности, близкой к теоретической [3].

При синтезе шпинелей, содержащих оксиды переменной валентности, важно соблюдать соответствующую газовую среду, предохраняющую эти оксиды от окисления или восстановления. Свойства и области применения весьма разнообразны. Материалы на основе $MgO \cdot Al_2O_3$ применяются в металлургии [4], производстве портландцемента, радиотехнике, химической промышленности, считаются перспективными в атомной энергетике [5].

Наиболее подробно изучена и применяется так называемая благородная магнезиальная шпинель $MgAl_2O_3$, которая используется как огнеупорный конструкционный и электроизоляционный материал. Известно большое число синтетических шпинелей (получают сплавлением или спеканием соответствующих оксидов при температуре 1400–1920 $^\circ C$, а также нагреванием Al - и Mg -содержащих минералов, например мусковита), в которых, кроме катионов, характерных для природных минералов, могут содержаться ионы Ca , Li , Cd , Cu , W , Ga , Ge , Ag , Sb , Nb , In . Как разновидность ферритов эти шпинели лежат в основе разнообразных магнитных материалов и диэлектриков, используемых для изготовления элементов запоминающих устройств ЭВМ [6]. Шпинельная керамика обладает высокой механической прочностью, коррозионной и радиационной стойкостью и предлагается в качестве инертной матрицы в ядерном топливе, матрицы в мишенях для трансмутации актиноидов, а также для иммобилизации радиоактивных отходов.

Основные методы получения шпинелевой керамики: керамический, золь-гель метод [7], а также самораспространяющийся высокотемпературный синтез [8]. Альтернативным методом формирования тепловой энергии на сегодняшний день при обработке, нагреве, плавлении и испарении тугоплавких материалов является применение электродуговой плазмы. Данный вид источника позволяет реализовать высокие удельные тепловые потоки, что обеспечивает высокую температуру среды, достигающую среднемаховой от 3500 до 10000 К. Данный факт говорит о высоком КПД: на порядок выше, чем электрические печи при меньших электродатратах.

Целью настоящей работы является исследование возможности применения энергии термической плазмы как эффективной среды для синтеза керамики на основе алюмомагнезиальной шпинели MgAl_2O_4 .

В работе использовались следующие материалы: бёмит (месторождение бокситов, Северный Урал) и магнезит (Савинское месторождение, Иркутская область). В табл. 1 представлен усредненный оксидный состав.

Таблица 1

Усредненный оксидный состав

Материалы	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	R_2O_3	Δm_p
Бёмит	0,03	88,45	0,02	—	—	0,3	—	11,2
Магнезит	1,50	—	—	0,56	46,26	—	1,51	50,24

На рис. 1 представлены рентгенограммы исходных материалов и подготовленной шихты со стехиометрическим соотношением $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} = 2,53$. Фазовый состав исходных материалов соответствует: $\text{MgCO}_3 - 2\theta = 32,5; 35,8; 42,9; 53,8; 69,3^\circ$; $\gamma\text{-AlO}(\text{OH}) - 2\theta = 19,7; 32,8; 37,5; 45,5; 67,2^\circ$. Особенностью подготовленной шихты является влияние $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$ на формирование рентгено-аморфного фона-галла (рис. 1, б). Стоит отметить, что карбонат магния MgCO_3 обладает высокой интенсивностью, соответствующей $2\theta = 32^\circ$, $d = 0,210$ нм.

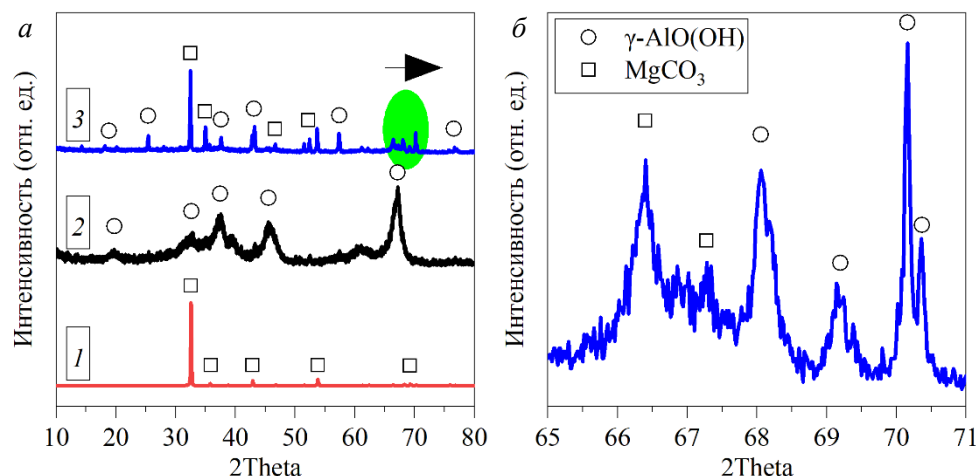


Рис. 1. Рентгенограммы исходных материалов (а); участок с дифрактограммы № 3 для $2\theta = 65\text{--}71^\circ$ (б):
1 – магнезит MgCO_3 ; 2 – бёмит $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$; 3 – шихта $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} = 2,53$

На рис. 2 представлена схема процесса получения керамических образцов на основе алюмомагнезиальной шпинели $MgAl_2O_4$ методом плазменной плавки. Для проведения экспериментальных исследований использовался оригинальный стенд по плавлению тугоплавких материалов [9–11]. В состав стенда входит: электродуговой плазмотрон, катод (марка ВПР-410); источник питания (инвертор CUT 160В); графитовый тигель (высота 55 мм, диаметр 34 мм, толщина стенки 3 мм), выступающий анодом; система подачи плазмообразующего газа (азот – 15 Нл/мин).

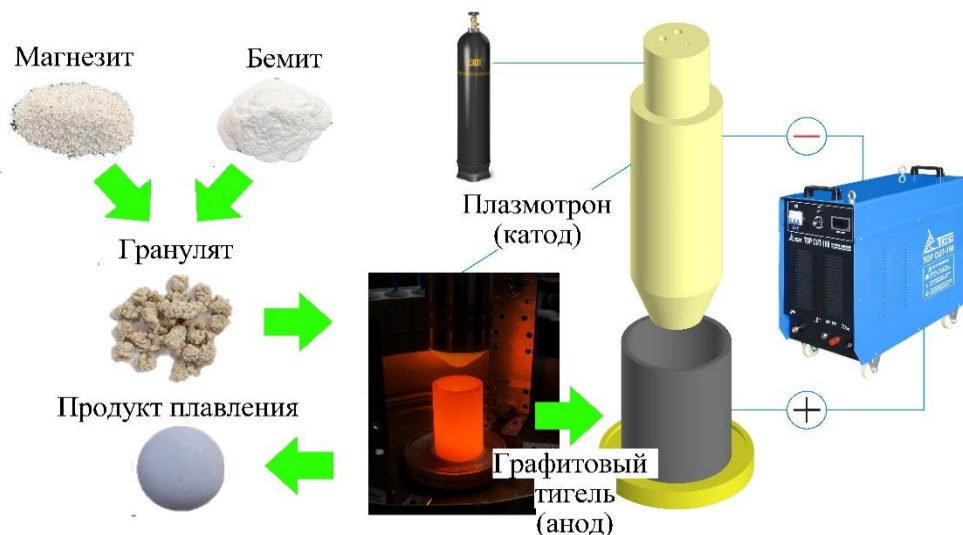
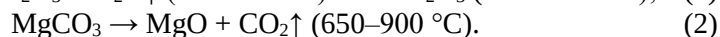
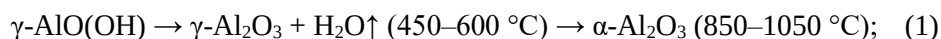


Рис. 2. Схема процесса получения керамических образцов на основе алюмомагнезиальной шпинели $MgAl_2O_4$ методом плазменной плавки

Подготовленные сырьевые материалы тщательно перемешивали в сухом виде до однородного состояния, затем добавляли связующее вещество, которым служил раствор дистиллированной воды и жидкого стекла, полученное сырье формовали через сито размером 5 мм, далее проходила естественная сушка 24 ч. Затем образцы подвергались плавлению в течение 30 с по 7,5 г. В ходе проведения экспериментальной работы методом инфракрасной пирометрии (пирометр GM2200, Китай) установлено, что внешняя стенка графитового тигля в течение 30 с работы плазмотрона нагревается до температуры 2047 °С (скорость нагрева 68,2 °С/с). После отключения плазмотрона графитовый тигель остывает со скоростью 6,75 °С/с.

В результате эксперимента получается полусферическая капля расплава, что говорит о полном плавлении исходных компонентов. Плотность закристаллизованного образца соответствует 3,5 г/см³.

На рис. 3 представлены результаты рентгенофазового анализа полученных керамических образцов. Для верификации результатов проводились отдельно эксперименты по плавлению исходных материалов. Как и ожидалось, в процессе воздействия энергии термической плазмы протекают следующие основные реакции:



Таким образом, основной фазой продуктов плавления являются высокотемпературные модификации корунд $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и периклаз MgO , других примесей в продуктах плавления не обнаружено.

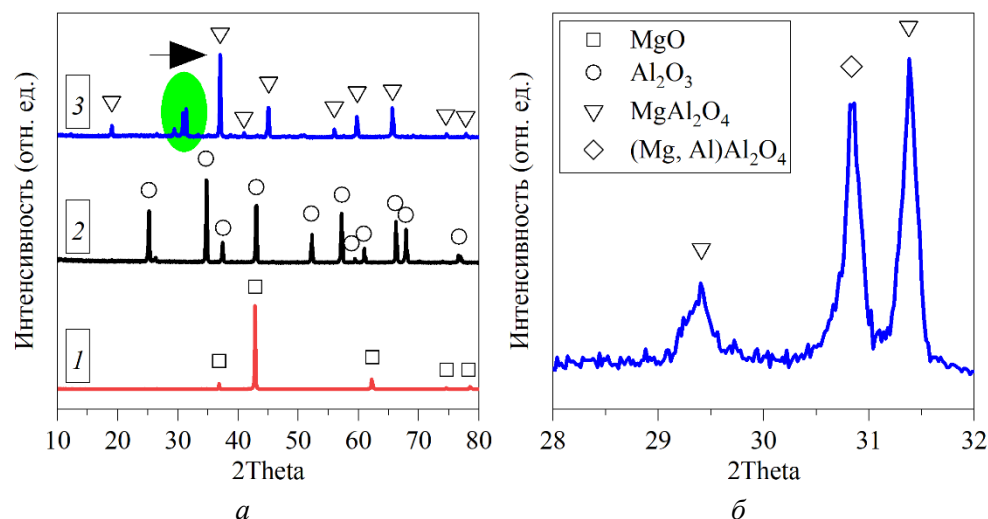


Рис. 3. Рентгенограммы продуктов плавления (а); участок с дифрактограммы № 3 для $2\theta = 28\text{--}32^\circ$ (б):

1 – магнезит MgCO_3 ; 2 – бемит $\gamma\text{-AlO(OH)}$; 3 – шихта $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} = 2,53$

Синтезированный продукт $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} = 2,53$ характеризуется наличием стехиометрической фазы MgAl_2O_4 , что доказывается относительной интенсивностью дифракционных пиков основных кристаллических фаз в образце при $2\theta = 19, 32, 37, 45, 60, 66^\circ$. Это достигается за счет односторонней диффузии Mg^{2+} на границе раздела оксида алюминия. При этом для $2\theta = 29,4$ и $30,8^\circ$ присутствует расщепление рефлекса (рис. 3, б), которое относится к нестехиометрической шпинели $(\text{Mg, Al})\text{Al}_2\text{O}_4$ переменного состава. Это значит, что часть принадлежащих ей атомов находится не только в узлах, но и междоузлиях кристаллической решетки. Способствует данному процессу замещение атомами Mg атомов Al в структурном каркасе шпинели на этапе кристаллизации продукта.

На рис. 4 представлены электронные снимки поверхности (а) и скола (б) синтезированного керамического образца. На рис. 4, в представлены результаты энергодисперсионного анализа. Морфология поверхности керамической матрицы представлена призматическими зернами 30–60 мкм, соединенными волокнами диаметром 1–3 мкм. Энергодисперсионный анализ показал, что призматические зерна (область № 1) соответствуют элементному составу: $\text{C} \sim 16,83$, $\text{O} \sim 38,27$, $\text{Mg} \sim 13,2$, $\text{Al} \sim 31,7$ масс. %, что в стехиометрическом соотношении составляет $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} = 2,4$ и является классическим типом MgAl_2O_4 . Также на поверхности обнаружены открытые поры, размер варьируется от 10 до 80 мкм, концентрация пор не превышает 3 %.

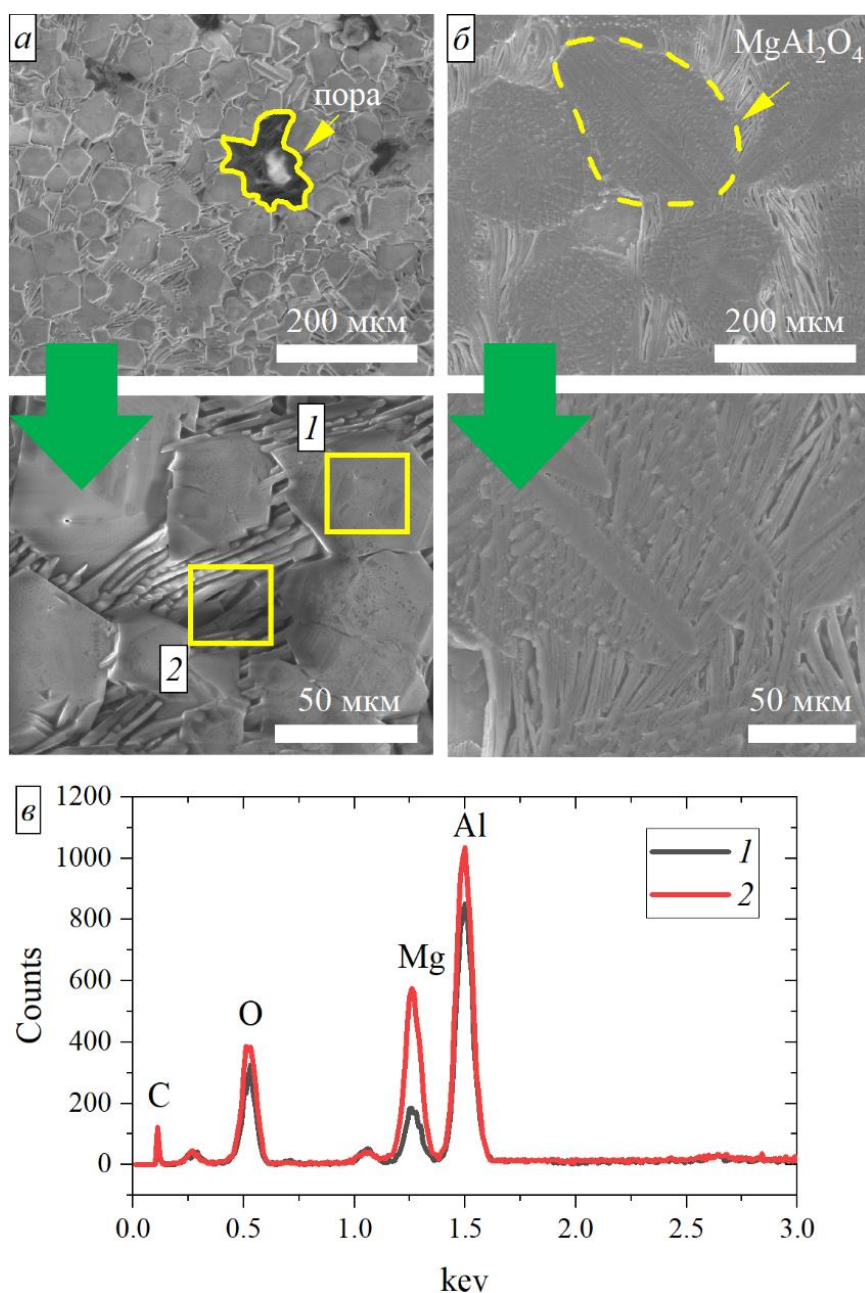


Рис. 4. Результаты сканирующей электронной микроскопии:

a – электронный снимок поверхности керамического образца; *б* – электронный снимок скола керамического образца; *в* – энергодисперсионные рентгеновские спектры

Энергодисперсионный анализ с области № 2 показал, что элементный состав волокон представлен: C ~ 9,03; O ~ 39,25; Mg ~ 21,17; Al ~ 30,55 масс. %, что в стехиометрическом соотношении составляет $Al_2O_3/MgO = 1,44$. Отметим,

что в системе $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ шпинель MgAl_2O_4 является одним бинарным соединением, это достигается за счет гомодесмической структуры матрицы, поскольку связи Mg-O и Al-O практически сопоставимы. Полученные электронные снимки поверхности скола керамического образца показывают наличие кооперации овальных областей, имеющих дендритную структуру, также присутствуют связи между этими областями.

Таким образом, можно сделать следующее предположение о механизме роста кристаллического каркаса алюмомагнезиальной шпинели из расплава, полученного в среде термической плазмы: ввиду того, что поверхность конденсированной капли подвергнута интенсивному охлаждению в процессе кристаллизации, формируются плотные шестигранные зерна шпинели с пронизывающими волокнами. Призматические зерна формируются в процессе строгой кристаллизации по классическому механизму. Образование волокон достигается за счет перемещения границ между зернами меньшего размера в процессе вторичной рекристаллизации от основных кристаллов (большого размера), растягиваемых силами межфазного поверхностного натяжения, к соседнему, сжимаемому этими же силами, что в конечном счете приводит к уменьшению внутренней поверхностной энергии системы и формированию волокнистой структуры, пронизывающей основные зерна шпинели.

Это подтверждается результатами электронной сканирующей микроскопии внутреннего каркаса матрицы керамических образцов, где морфология зерен представлена исключительно дендритным ростом с образованием ветвистых агрегатов, что характерно для механизма «затор в движении».

В результате проведенных исследований установлена возможность и определены экспериментальные параметрические характеристики процесса синтеза алюмомагнезиальной шпинели из расплава, полученного из распространенных природных материалов в среде термической плазмы. Установлены отличительные особенности при формировании фазовых переходов, протекающих при интенсивном процессе плавления и кристаллизации. Исследована морфология керамической матрицы, из которой предложен механизм роста кристаллов. Полученные результаты будут интересны для отрасли производства высокотемпературной керамики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтыбаева Д.Т., Апышова А.Р., Шайимкулова М.А. Актуальные проблемы получения экологически чистых шпинелей // Вестник Омского государственного университета. 2019. № 1. С. 222–224.
2. Подболотов К.Б., Дятлова Е.М. Синтез керамических шпинельсодержащих композиционных материалов в режиме горения смесей магнезита и алюминия // Огнеупоры и техническая керамика. 2008. № 7. С. 16–21.
3. Ульянова А.В., Сенина М.О., Лемешев Д.О. Влияние способа введения добавки оксида галлия на получение плотной керамики на основе алюмомагнетитовой шпинели // Успехи в химии и химической технологии. 2020. № 5 (228). С. 94–96.
4. Hossain S.S., Roy P.K. Preparation of multi-layered (dense-porous) lightweight magnesium-aluminum spinel refractory // Ceram. Int. 2021. № 47 (9). P. 13216–13220. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.01.076>

5. Ko Y.-C. Influence of the characteristics of spinels on the slag resistance of $Al_2O_3 \cdot MgO$ and Al_2O_3 -Spinel castables // *Journal of the American Ceramic Society*. 2004. V. 83. № 9. P. 2333–2335.
6. Левицкий В.И., Петрова З.И. Некоторые закономерности формирования проявлений благородной шпинели в Прибайкалье // *Минералогия и генезис цветных камней Восточной Сибири*. Новосибирск : Наука, 1983. С. 5–13.
7. Морозова Л.В., Белоусова О.Л., Панова Т.И., Шорников Р.С., Шилова О.А. Золь-гель синтез нанокристаллической алюмомagneзиевой шпинели и получение на ее основе плотной, пористой и прозрачной керамики // *Физика и химия стекла*. 2012. № 6. С. 768–776.
8. Радишевская Н.И., Назарова А.Ю., Львов О.В., Касацкий Н.Г., Саламатов В.Г., Сайков И.В., Ковалев Д.Ю. Синтез шпинели $MgAl_2O_4$ методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // *Неорганические материалы*. 2020. № 2. С. 151–159.
9. Vlasov V., Skripnikova N., Volokitin O., Shekhovtsov V., Volokitin G. Plasma technologies in construction industry // *Key Engineering Materials*. 2018. V. 781 KEM. P. 143–148.
10. Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. Перспективы использования низкотемпературной плазмы в строительстве и архитектуре // *Физика и химия стекла*. 2018. Т. 44. № 3. С. 324–327.
11. Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. Процессы получения силикатных расплавов и материалов на их основе в низкотемпературной плазме // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017. Т. 60. № 1. С. 144–148.

REFERENCES

1. Altybaeva D.T., Apyshova A.R., Shaimkulova M.A. Aktual'nye problemy polucheniya ekologicheskii chistykh shpinelei [Actual problems of obtaining environmentally friendly spinel]. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2019. No. 1. Pp. 222–224. (rus)
2. Podbolotov K.B., Dyatlova E.M. Sintez keramicheskikh shpinel'soderzhashchikh kompozitsionnykh materialov v rezhime gorenii smesi magniezita i alyuminiya [Synthesis of ceramic spinel-containing composite materials in the combustion mode of magnesite and aluminum mixture]. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. 2008. No. 7. Pp. 16–21. (rus)
3. Ulyanova A.V., Senina M.O., Lemeshev D.O. Vliyanie sposoba vvedeniya dobavki oksida galliya na poluchenie plotnoi keramiki na osnove alyumomagnievoi shpineli [Influence of the method of introducing gallium oxide additives on the production of dense ceramics based on aluminum-magnesium spinel]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2020. No. 5 (228). Pp. 94–96. (rus)
4. Hossain S.S., Roy P.K. Preparation of multi-layered (dense-porous) lightweight magnesium-aluminum spinel refractory. *Ceramics International*. 2021. V. 47. No. 9. Pp. 13216–13220. DOI: 10.1016/j.ceramint.2021.01.076
5. Ko Y.-C. Influence of the characteristics of spinels on the slag resistance of $Al_2O_3 \cdot MgO$ and Al_2O_3 -spinel castables. *Journal of the American Ceramic Society*. 2000. V. 83. No. 9.
6. Levitsky V.I., Petrova Z.I. Nekotorye zakonomernosti formirovaniya proyavlenii blagorodnoi shpineli v Pribaikal'e [Some regularities in the formation of manifestations of noble spinel in the Baikal region]. *Mineralogiya i genezis tsvetnykh kamnei Vostochnoi Sibiri*. Novosibirsk: Nauka, 1983. Pp. 5–13. (rus)
7. Morozova L.V., Belousova O.L., Panova T.I., Shornikov R.S., Shilova O.A. Zol'-gel' sintez nanokristallicheskoi alyumomagnievoi shpineli i poluchenie na ee osnove plotnoi, poristoi i prozrachnoi keramiki [Sol-gel synthesis of nanocrystalline aluminum-magnesium spinel and production of dense, porous and transparent ceramics]. *Fizika i khimiya stekla*. 2012. No. 6. Pp. 768–776. (rus)
8. Radishevskaya N.I., Nazarova A.Yu., Lvov O.V., Kasatsky N.G., Salamatov V.G., Saikov I.V., Kovalev D.Yu. Sintez shpineli $MgAl_2O_4$ metodom samorasprostranyayushchegosya vysokotemperaturnogo sinteza [Synthesis of spinel $MgAl_2O_4$ using self-propagating high-temperature synthesis]. *Neorganicheskie materialy*. 2020. No. 2. Pp. 151–159. (rus)
9. Vlasov V., Skripnikova N., Volokitin O., Shekhovtsov V., Volokitin G. Plasma technologies in construction industry. *Key Engineering Materials*. 2018. V. 781. Pp. 143–148.

10. Volokitin O.G., Shekhovtsov V.V. Perspektivy ispol'zovaniya nizkotemperaturnoy plazmy v stroitel'stve i arkhitekture [Prospects of low-temperature plasma in construction and architecture]. *Fizika i khimiya stekla*. 2018. V. 44. No. 3. Pp. 324–327. (rus)
11. Volokitin O. G., Shekhovtsov V. V. Protsessy polucheniya silikatnykh rasplavov i materialov na ikh osnove v nizkotemperaturnoi plazme [Silicate melt and material production in low-temperature plasma]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2017. V. 60. No. 1. Pp. 144–148. (rus)

Сведения об авторах

Шеховцов Валентин Валерьевич, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, shehovcov2010@yandex.ru

Скрипникова Нелли Карповна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, nks2003@mail.ru

Улмасов Ахрорбек Боходиржон, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, akhrorbek001@mail.ru

Authors Details

Valentin V. Shekhovtsov, PhD, Assistant Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, shehovcov2010@yandex.ru

Nelli K. Skripnikova, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, nks2003@mail.ru

Akhrorbek B. Ulmasov, Graduate Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, akhrorbek001@mail.ru

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.34:621.397:6

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-147-157

Ю.О. КРИВОШЕИН, Н.А. ЦВЕТКОВ, Т.Н. НЕМОВА,

А.В. КОЛЕСНИКОВА, М. ЕРМЕНОВА,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

ВЛИЯНИЕ СНЕЖНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕПЛОВУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРУБЧАТЫХ ВАКУУМИРОВАННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Аннотация. Угроза глобального потепления стимулирует ускорение энергетического перехода всех стран к снижению ископаемых источников энергии и увеличению возобновляемых источников энергии с развитием экологически чистых и ресурсосберегающих технологий. Подавляющая часть территории России относится к зоне вечной мерзлоты или к территориям с сезонно промерзающими грунтами. Для таких территорий актуально применение возобновляемых источников энергии, особенно солнечной энергии как наиболее доступной.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований режимов работы опытно-промышленной солнечной системы горячего водоснабжения с двумя трубчатыми вакуумированными коллекторами после снежных загрязнений или обледенения поверхностей труб.

Использована методика измерения почасовых значений тепловой энергии от преобразования коллекторами солнечной радиации при загрязненных и очищенных поверхностях коллекторов в солнечный день после снегопада или обледенения. Средняя часовая величина солнечной инсоляции (при загрязненных поверхностях и после их очистки) получалась путем интегрирования показаний измерителя падающего теплового потока от солнца (по 600 значениям) с интервалом измерений 6 с.

Установлено, что при обледенении поверхностей труб коллекторов снижение поступления тепловой энергии максимально и составляет 36,96 %, а в остальных случаях эта величина изменяется в пределах от 8,51 до 13,47 %.

Ключевые слова: гибридная солнечная система горячего водоснабжения, трубчатые вакуумированные коллекторы, снежные загрязнения поверхностей, эффективность преобразования инсоляции в тепловую энергию, северные территории

Для цитирования: Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Немова Т.Н., Колесникова А.В., Ерменова М. Влияние снежных отложений на тепловую эффективность трубчатых вакуумированных коллекторов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 147–157.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-147-157

*Yu.O. KRIVOSHEIN, N.A. TSVETKOV, T.N. NEMOVA,
A.V. KOLESNIKOVA, M. ERMENOVA,
Tomsk State University of Architecture and Building*

THE INFLUENCE OF SNOW DEPOSITS ON THERMAL EFFICIENCY OF VACUUM TUBE COLLECTORS

Abstract. Global warming promotes the acceleration forces all countries to reduce fossil energy sources and increase renewable energy sources with the development of environmentally friendly resource-saving technologies. The vast territory of Russia is permafrost or has seasonally frozen soils. The use of renewable energy sources, especially solar energy sources, is especially important for such territories.

The article presents the experimental results of the operating modes of a pilot industrial solar hot water supply system with two vacuum tube collectors after snow pollution or icing of pipe surfaces. This technique is used to measure the hourly values of thermal energy from the conversion of solar radiation by collectors with polluted and cleaned collector surfaces on a sunny day after snowfall or icing. The average hourly value of solar insolation (with contaminated surfaces and after their cleaning) is obtained by integrating the meter recordings on the incident heat flux from the sun (by 600 values each) at an interval of 6 seconds. It is found that when the collector pipe surface is iced, the decrease in the thermal energy supply is maximum and amounts to 36.96 %. In other cases it varies from 8.51 to 13.47 %.

Keywords: hybrid solar hot water system, vacuum tube collectors, surface snow pollution, insolation-to-heat conversion efficiency, northern areas

For citation: Krivoshein Yu.O., Tsvetkov N.A., Nemova T.N., Kolesnikova A.V., Ermenova M. Vliyanie snezhnykh otlozhenii na teplovuyu effektivnost' trubchatykh vakuumirovannykh kollektorov [The influence of snow deposits on thermal efficiency of vacuum tube collectors]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 147–157.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-147-157

Введение

Рост мировой экономики и повышение уровня жизни людей неразрывно связаны с возрастанием потребления тепловой и электрической энергии [1], что ставит перед человечеством глобальные задачи по получению и использованию экологически чистой энергии с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Для стран, имеющих запасы ископаемых видов топлива, это может привести к существенному сокращению вредных выбросов при их сжигании и, соответственно, снижению влияния этих выбросов на климат планеты. Для большинства стран с низким энергетическим потенциалом, в частности стран Европейского союза, этот вопрос является более чем актуальным [2].

В научной литературе последних лет одним из направлений исследования является моделирование энергопотребления различных зданий, что позволяет эффективно расходовать тепловую энергию, полученную с использованием технологии солнечной генерации энергии, с учетом погодных условий, информации по потреблению энергии в течение суток [3–5].

Анализ условий эксплуатации солнечных систем горячего водоснабжения показывает, что на производительность теплоты большое влияние оказывает загрязнение поверхностей фотоэлектрических панелей.

Так в регионе с жарким и засушливым климатом из-за загрязнения поверхностей пылевыми отложениями регистрируется снижение эффективности генерации теплоты [6]. Показано, что вследствие загрязнений солнечных панелей через неделю эксплуатации при одинаковом уровне освещенности количество получаемой энергии снизилось с 1460 до 1390 кВт, а через три и пять недель эксплуатации мощность составляла соответственно 1196 и 904 кВт.

Аналогичные результаты приведены в работе [7], в которой показано снижение выходной мощности солнечных панелей вследствие осаждения на них пыли на 8,8 % (или снижение КПД устройства на 11,86 %). Загрязнение панелей птичьим пометом снижает их производительность на 7,45 %.

В работе [8] проведен анализ влияния конкретных загрязнителей на эффективность работы фотоэлектрических панелей. Показано, что среди загрязнителей наибольшее влияние оказывают алюминий и железо. При этом авторы отмечают большее количество отложений загрязнителей в зимний период по сравнению с летним.

Ученые из Индии показали [9], что при очистке солнечных панелей от загрязнений после нескольких недель эксплуатации регистрируется повышение эффективности их работы на 50 %.

Авторы также приводят данные о том, что для наиболее «пыльных» районов (Китай, Индия, Аравийский полуостров) регистрируется потеря получаемой солнечной энергии от 17 до 25 % при их ежемесячной очистке от пыли, при этом потери достигают 35 % при очистке панелей каждые два месяца.

Аналогичные данные приводятся в работе [10], где показано уменьшение мощности солнечного коллектора на 7 % в условиях запыленности и очистки панелей несколько раз в год, однако конкретных условий эксплуатации авторы не анализируют. При осаждении на панели снега эффективность снижается на 10–15 %.

Эффективность солнечных вакуумированных трубчатых коллекторов активно исследуется в различных климатических условиях. Однако в результатах таких исследований, например, выполненных в Польше [11], в Кувейте [12], в Западной Норвегии [13], в России (Красноярск), оценка влияния на эффективность коллекторов не приводится, но она важна для северных территорий.

В развитие исследований [14–17] целью настоящих исследований является разработка методики и экспериментальная оценка влияния снежных отложений на внешних поверхностях вакуумированных трубок коллекторов на эффективность получения тепловой энергии в бак-аккумулятор для условий Западной Сибири (Томск).

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования были проведены с использованием опытно-промышленной установки системы горячего водоснабжения (ГВС) с двумя трубчатыми солнечными вакуумированными коллекторами, установленной в с. Кафтанчиково Томского района.

Рассматривались временные периоды, в которые в силу погодных условий наблюдалось осаждение снега или обледенение поверхностей труб коллекторов (декабрь 2020 г. – февраль 2021 г.).

Схема системы ГВС приведена на рис. 1. Датчик солнечной инсоляции 1 установлен на верхней части манифольда второго (на рисунке верхнего) коллектора 9. Блок управления 2 оснащен устройством для сбора и передачи получаемых данных по заданному алгоритму или по требованию оператора. Он задает режимы работы системы ГВС, сбор и передачу данных на сервер 3. Нагретая в баке-аккумуляторе 5 вода подается потребителю с помощью трубопровода 4. Расходомеры 6 обеспечивают контроль расхода как холодной воды, так и теплоносителя, который подается насосом 7 в циркуляционный контур коллекторов. Соленоидные клапаны 8 (рабочий и резервный) позволяют управлять режимами циркуляции воды через коллекторы 9. Коллекторы устанавливались на фронтоне здания под углом наклона 47° и были ориентированы на юг.

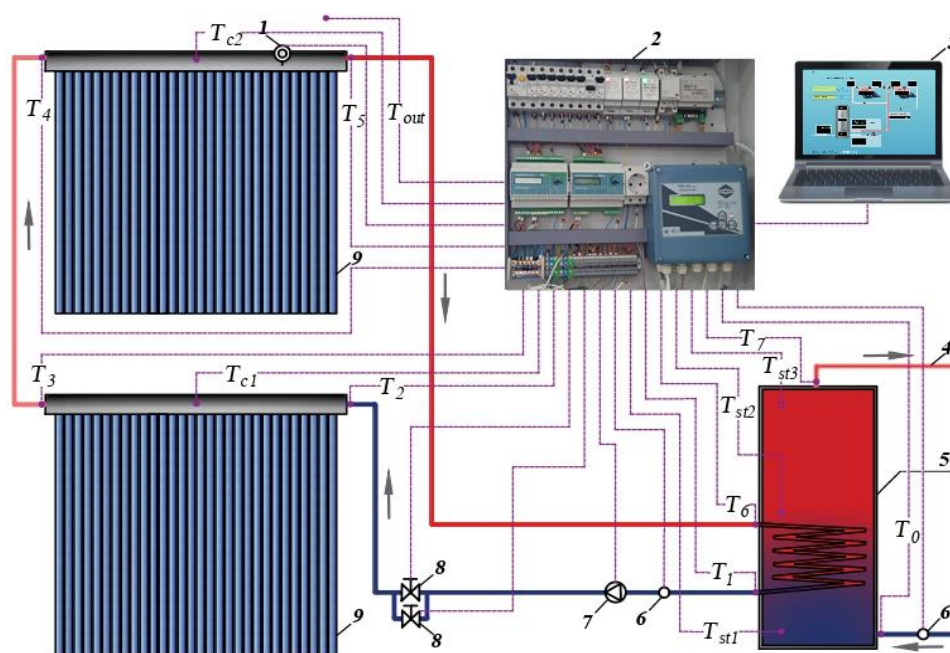


Рис. 1. Конструкционная схема экспериментальной солнечной водонагревательной установки:

1 – датчик солнечной инсоляции; 2 – блок управления; 3 – сервер; 4 – трубопровод для подачи воды; 5 – бак-аккумулятор; 6 – расходомеры; 7 – насос; 8 – соленоидные клапаны; 9 – коллекторы

На рис. 2 приведены фотографии внешних конструктивных элементов солнечной водонагревательной установки – коллекторов – после выпадения снега (а) и при обледенении поверхностей труб коллекторов (б). Обращает на себя внимание незначительное количество выпавшего снега на поверхности коллектора 04.04.2021 (а) и существенное обледенение элементов 12.01.2021 (б).

Методика оценки влияния выпавшего на поверхность коллектора снега и обледенения заключалась в регистрации и сравнении тепловой энергии, полученной от коллекторов, покрытых слоем снега или оледенения, и коллекто-

ров, очищенных от этих отложений. Экспериментальные исследования проводились в ясный солнечный день, следующий за днем выпадения снега. В течение часа с 12 до 13 ч проводились измерения тепловой энергии от коллекторов. Далее с 13 до 13 ч 25 мин поверхность коллекторов очищалась от снега или от обледенения и с 13 ч 30 мин до 14 ч 30 мин измерялась тепловая энергия от коллекторов с чистыми поверхностями.



Рис. 2. Внешние части солнечной водонагревательной установки после снегопада: *а* – отложения снега на коллекторах (04.04.2021); *б* – заледневшие поверхности труб коллекторов (12.01.2021)

Для сравнения на рис. 3 показано состояние соответствующих поверхностей коллекторов на следующий день после снегопада и после механической очистки поверхности.

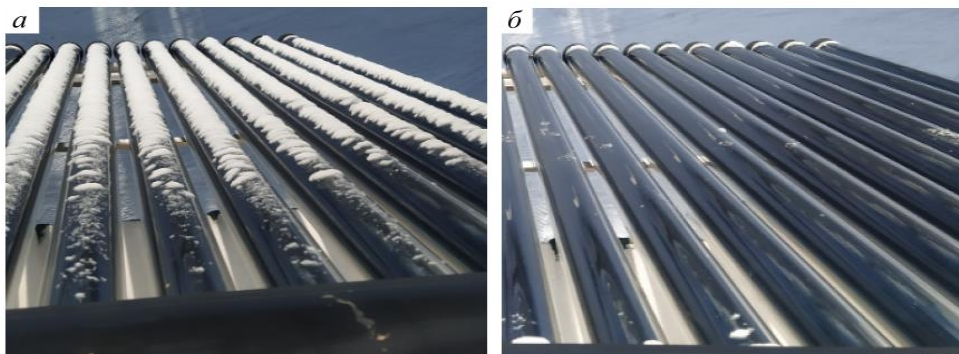


Рис. 3. Типичное состояние поверхностей труб коллектора:
а – на следующий день после снегопада; *б* – после очистки поверхности коллектора

Тепловая энергия от преобразования коллекторами солнечной радиации при загрязненных и очищенных поверхностях коллекторов на второй солнечный день после снегопада или обледенения определялась тепловым счетчиком по данным измерений расхода теплоносителя в гидравлическом контуре коллекторов и температуры теплоносителя на входе T_6 в бак-аккумулятор и на выходе T_1 из него (см. рис. 1). Регистрация параметров проводилась через 8 с.

Средняя часовая величина солнечной инсоляции (при загрязненных поверхностях и после их очистки) получалась путем интегрирования методом трапеций показаний измерителя падающего теплового потока от солнца (450 значений за час). Их различия для одного экспериментального дня не превышало 4,26 %. Экспериментальные результаты заносятся в базу данных.

Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментального исследования снижения эффективности работы солнечной системы горячего водоснабжения с трубчатыми вакуумированными коллекторами вследствие влияния снегопада и обледенения, полученные на солнечной водонагревательной системе в с. Кафтанчиково Томского района, представлены в таблице. Здесь $T_{\text{возд}}$ – температура наружного воздуха, °С; $\varphi_{\text{отн}}$ – относительная влажность воздуха, %; $V_{\text{возд}}$ – скорость воздуха, м/с; $Q_{\text{до}}$ – тепловая производительность с учетом слоя снега или обледенения, МДж/ч; $Q_{\text{после}}$ – тепловая производительность после очистки коллекторов, МДж/ч; ΔE – относительное изменение тепловой производительности,

$$\Delta E = \frac{(Q_{\text{до}} - Q_{\text{после}})}{Q_{\text{до}}} 100, \%$$

Влияние снега и обледенения на тепловую эффективность коллекторов

Дата	$T_{\text{возд}}$, °С; $\varphi_{\text{отн}}$, %	$V_{\text{возд}}$, м/с	$Q_{\text{до}}$, МДж/ч	$Q_{\text{после}}$, МДж/ч	ΔE , %
31.12.2020	Ночь: –25; 93	3	4,45	5,14	13,43
	Утро: –23; 92	3			
	День: –20; 92	3			
	Вечер: –31; 97	2			
02.01.2021	Ночь: –29; 98	2	4,37	5,05	13,47
	Утро: –24; 91	3			
	День: –23; 91	3			
	Вечер: –29; 92	2			
12.01.2021	Ночь: –34; 97	2	3,36	5,33	36,96
	Утро: –30; 90	1			
	День: –25; 90	1			
	Вечер: –29; 92	2			
20.01.2021	Ночь: –33; 99	2	4,62	5,15	10,30
	Утро: –30; 93	1			
	День: –27; 93	1			
	Вечер: –29; 92	3			
30.01.2021	Ночь: –31; 92	5	4,92	5,65	12,92
	Утро: –29; 92	2			
	День: –27; 92	2			
	Вечер: –32; 93	2			
07.02.2021	Ночь: –4; 93	5	6,92	7,79	11,17
	Утро: –1; 82	7			
	День: +1; 92	7			
	Вечер: –32; 82	7			

Окончание таблицы

Дата	$T_{\text{возд}}, ^\circ\text{C}; \varphi_{\text{отн}}, \%$	$v_{\text{возд}}, \text{м/с}$	$Q_{\text{до}}, \text{МДж/ч}$	$Q_{\text{после}}, \text{МДж/ч}$	$\Delta E, \%$
12.02.2021	Ночь: –32; 94	4	6,37	7,11	10,41
	Утро: –29; 91	3			
	День: –25; 91	3			
	Вечер: –30; 98	2			
17.02.2021	Ночь: –16; 97	1	6,93	7,88	12,06
	Утро: –13; 89	4			
	День: –16; 89	4			
	Вечер: –30; 96	3			
23.02.2021	Ночь: –31; 99	2	7,04	7,91	11,00
	Утро: –27; 93	2			
	День: –21; 93	2			
	Вечер: –27; 97	2			
07.03.2021	Ночь: –12; 89	5	7,19	8,04	10,58
	Утро: –9; 93	5			
	День: –6; 82	5			
	Вечер: –11; 97	2			
20.03.2021	Ночь: –7; 90	4	7,52	8,36	10,05
	Утро: +1; 82	6			
	День: –2; 96	6			
	Вечер: 0; 79	6			
04.04.2021	Ночь: –7; 90	3	7,85	8,58	8,51
	Утро: 0; 69	3			
	День: +4; 69	3			
	Вечер: –2; 99	1			

Анализ представленных в таблице результатов позволяет утверждать, что использование солнечных систем горячего водоснабжения с трубчатыми вакуумированными коллекторами на северных территориях страны является перспективным. Тепловая производительность системы изменяется с переходом от зимы к весне, так для «чистых» коллекторов тепловая производительность увеличивается в 1,7 раза (с 5,14 для 31 января 2000 г. до 8,58 МДж/ч для 4 апреля 2021 г.).

С учетом наличия снега или обледенения на поверхности коллекторов картина неоднозначна. В целом для всех экспериментов наблюдается снижение тепловой эффективности коллекторов вследствие «загрязнения» их поверхности.

Наибольшее снижение тепловой производительности коллекторов в 36,96 % наблюдалось при заледеневших коллекторах 12 января 2021 г. В остальных случаях снижение тепловой эффективности коллекторов колебалось в пределах от 8,51 до 13,47 %.

По анализу сезонных показателей можно выделить два периода: декабрь 2020 г. – январь 2021 г. и февраль – апрель 2021 г. Во втором временном периоде влияние снега и отложений на коллекторах на тепловую производительность несколько больше. Это может быть объяснено колебаниями температур воздуха, что, вероятнее всего, приводит к появлению кроме снега дополнительного обледенения.

Кроме того, можно отметить безусловное влияние влажности и скорости наружного воздуха на тепловую производительность. Однако для количественного анализа влияния этих факторов на эффективность работы солнечных систем горячего водоснабжения с трубчатыми вакуумированными коллекторами необходимо проведение дополнительных исследований.

Наибольшее снижение тепловой производительности коллекторов (36,96 %) наблюдалось при заледеневших коллекторах 12 января 2021 г. В остальных случаях снижение тепловой эффективности коллекторов колебалось в пределах от 8,5 до 13,47 %.

Выводы

1. Использование солнечных систем горячего водоснабжения с трубчатыми вакуумированными коллекторами для территорий Западной Сибири является перспективным.

2. Осаждение снега и оледенение поверхностей коллекторов приводит к снижению уровня тепловой производительности.

3. Отмечается влияние температуры, влажности и скорости наружного воздуха на эффективность работы систем солнечного водоснабжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Avtar R., Tripathi S., Aggarwal A.K., Kumar P. Population – Urbanization – Energy Nexus: A review // *Resources*. 2019. V. 8. P. 136. DOI: 10.3390/resources8030136
2. Peña-Ramos J.A., Bagus P., Amirov-Belova D. The North Caucasus Region as a Blind Spot in the «European Green Deal»: Energy Supply Security and Energy Superpower Russia // *Energies*. 2021. 14. 17. DOI: 10.3390/en 14010017
3. Казанджан Б.И. Системы солнечного теплоснабжения // *Энергия: экономика, техника, экология*. 2005. № 12. С. 10–16.
4. Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O., Khutornoi A.N., Boldyryev S., Petrova A.V. Development of the Computer-Aided Application for the Use of Solar Energy in the Hot Water Supply System of Russian Permafrost Regions // *Chemical Engineering Transactions*. 2020. 81. P. 943–948. DOI: 10.3303/CET2081158
5. Tsvetkov N.A., Krivoshein U.O., Tolstykh A.V., Khutornoi A.N., Boldyryev S. The calculation of solar energy used by hot water systems in permafrost region: An experimental case study for Yakutia // *Energy*. 2020. 210. 118577. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118577>
6. Al Siyabi I., Al Mayas, A., Al Shukaili A., Khanna S. Effect of Soiling on Solar Photovoltaic Performance under Desert Climatic Conditions // *Energies*. 2021. 14. 659. URL: <https://doi.org/10.3390/en14030659>
7. Mustafa R.J., Gomaa M.R., Al-Dhaifallah M., Rezk H. Environmental Impacts on the Performance of Solar Photovoltaic Systems // *Sustainability*. 2020. 12. 608. DOI:10.3390/su12020608
8. Farahmand M.Z., Nazari M.E., Shamlou S., Shafie-khah M. The Simultaneous Impacts of Seasonal Weather and Solar Conditions on PV Panels Electrical Characteristics // *Energies*. 2021. 14. 845. URL: <https://doi.org/10.3390/en14040845>

9. Bergin M.H., Ghoroi C., Dixit D., Schauer J.J., Shindell D.T. Large Reductions in Solar Energy Production Due to Dust and Particulate Air Pollution // *Environ. Sci. Technol. Lett.* 2017. 4. P. 339–344. DOI: 10.1021/ACS.ESTLETT.7B00197
10. Костенко А.Ю. Солнечный коллектор – достоинства и недостатки, перспективы // Источники энергии на земле. URL: <https://istochnikienergii.ru/sitemap> (дата обращения: 10.02.2022).
11. Alicja Siuta-Olcha, Tomasz Cholewa, Kinga Dopieralska-Howoruszko. Experimental studies of thermal performance of an evacuated tube heat pipe solar collector in Polish climatic conditions // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. 28. P. 14319–14328. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07920-3>
12. Ghoneim Adel A. Optimization of evacuated tube collector parameters for solar industrial process heat // *International Journal of Energy and Environmental Research*. 2017. V. 5. № 2. P. 55–73. Published by European Centre for Research Training and Development UK (www.eajournals.org).
13. Popsueva V., Lopez A.F.O., Kosinska A., Nikolaev O., Balakin B.V. Field Study on the Thermal Performance of Vacuum Tube Solar Collectors in the Climate Conditions of Western Norway // *Energies*. 2021. 14. 2745. URL: <https://doi.org/10.3390/en14102745>
14. Бастрон А.В., Михеева Н.Б., Судаев Е.М. Горячее водоснабжение сельских бытовых потребителей Красноярского края с использованием солнечной энергии / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2016. 132 с.
15. Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Толстых А.В., Хуторной А.Н., Колесникова А.В., Петрова А.В. Эффективная солнечная система горячего водоснабжения для северных территорий // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2020. Т. 22. № 6. С. 119–131. DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-119-131
16. Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Петрова А.В., Толстых А.В., Немов Т.Н. Возможности энергосбережения при работе циркуляционного насоса в гидравлическом контуре коллекторов солнечных водонагревательных систем // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2021. Т. 23. № 4. С. 100–111. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-4-100-111.
17. Tsvetkov N., Boldyryev S., Shilin A., Krivoshein Y., Tolstykh A. Hardware and Software Implementation for Solar Hot Water System in Northern Regions of Russia // *Energies*. 2022. 15. 1446. URL: <https://doi.org/10.3390/en15041446>

REFERENCES

1. Avtar R., Tripathi S., Aggarwal A.K., Kumar P. Population – Urbanization – Energy Nexus: A review. *Resources*. 2019. V. 8. P. 136. DOI: 10.3390/resources8030136
2. Peña-Ramos J.A., Bagus P., Amirov-Belova D. The North Caucasus Region as a blind spot in the “European Green Deal”: Energy Supply Security and Energy Superpower Russia. *Energies*. 2021. V. 14. P. 17. DOI: 10.3390/en 14010017
3. Kasandjan B.I. Solar heat supply systems. *Energy: Economics, Technology, Ecology*. 2005. No. 12. Pp. 10–16.
4. Tsvetkov N.A., Krivoshein Y.O., Khutornoi A.N., Boldyryev S., Petrova A.V. Development of the computer-aided application for the use of solar energy in the hot water supply system of Russian permafrost regions. *Chemical Engineering Transactions*. 2020. V. 81. Pp. 943–948. DOI: 10.3303/CET2081158
5. Tsvetkov N.A., Krivoshein U.O., Tolstykh A.V., Khutornoi A.N., Boldyryev S. The calculation of solar energy used by hot water systems in permafrost region: An experimental case study for Yakutia. *Energy*. 2020. V. 210. 118577. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118577
6. Al Siyabi I., Al Mayasi A., Al Shukaili A., Khanna S. Effect of soiling on solar photovoltaic performance under desert climatic conditions. *Energies*. 2021. V. 14. P. 659. DOI: 10.3390/en14030659
7. Mustafa R.J., Goma M.R., Al-Dhaifallah M., Rezk H. Environmental impacts on the performance of solar photovoltaic systems. *Sustainability*. 2020. V. 12. P. 608. DOI: 10.3390/su12020608

8. Farahmand M.Z., Nazari M.E., Shamlou S., Shafie-khah M. The simultaneous impacts of seasonal weather and solar conditions on PV panels electrical characteristics. *Energies*. 2021. 14. 845. DOI: 10.3390/en14040845
9. Bergin M.H., Ghoroi C., Dixit D., Schauer J.J., Shindell D.T. Large reductions in solar energy production due to dust and particulate air pollution. *Environmental Science & Technology Letters*. 2017. No. 4. Pp. 339–344. DOI: 10.1021/ACS.ESTLETT.7B00197
10. Kostenko A.Yu. Solar collector – advantages and disadvantages, prospects. Website Energy Sources on Earth. Available: <https://istochnikienergii.ru/sitemap> (accessed February 10, 2022).
11. Alicja Siuta-Oлча, Tomasz Cholewa, Kinga Dopieralska-Howoruszko. Experimental studies of thermal performance of an evacuated tube heat pipe solar collector in Polish climatic conditions. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. V. 28. Pp. 14319–14328. DOI: 10.1007/s11356-020-07920-3
12. Ghoneim Adel A. Optimization of evacuated tube collector parameters for solar industrial process heat. *International Journal of Energy and Environmental Research*. 2017. V. 5. No. 2. Pp. 55–73.
13. Popsueva V., Lopez A.F.O., Kosinska A., Nikolaev O., Balakin B.V. Field Study on the thermal performance of vacuum tube solar collectors in the climate conditions of Western Norway. *Energies*. 2021. V. 14. 2745. DOI: 10.3390/en14102745
14. Bastron A.V., Mikheeva N.B., Sudaev E.M. Goryachee vodosnabzhenie sel'skikh bytovykh potrebitelei Krasnoyarskogo kraya s ispol'zovaniem solnechnoi energii [Hot water supply of rural household consumers of the Krasnoyarsk Krai using solar energy]. Krasnoyarsk, 2016. 132. p. (rus)
15. Krivoshein Yu.O., Tsvetkov N.A., Tolstykh A.V., Khutornoy A.N., Kolesnikova A.V., Petrova A.V. Effektivnaya solnechnaya sistema goryachego vodosnabzheniya dlya severnykh territorii [Effective solar hot water system for northern territories]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2020. V. 22. No. 6. Pp. 119–131. (rus)
16. Krivoshein Yu.O., Tsvetkov N.A., Petrova A.V., Tolstykh A.V., Nemova T.N. Vozmozhnosti energosberezheniya pri rabote tsirkulyatsionnogo nasosa v gidravlicheskom konture kollektorov solnechnykh vodonagrevatel'nykh sistem [Energy-efficient circulating pump in hydraulic circuit of solar collectors of hot-water systems]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021. V. 23. No. 4. Pp. 100–111. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-4-100-111 (rus)
17. Tsvetkov N., Boldyryev S., Shilin A., Krivoshein Y., Tolstykh A. Hardware and software implementation for solar hot water system in northern regions of Russia. *Energies*. 2022. V. 15. 1446. DOI: 10.3390/en15041446

Сведения об авторах

Кривошеин Юрий Олегович, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, krivoshein@npowest.ru

Цветков Николай Александрович, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, nac.tsuab@yandex.ru

Немова Татьяна Николаевна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tatyana.nemova.0702@yandex.ru

Колесникова Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, sinvintie@rambler.ru

Ерменова Мария, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, M_ermenova@mail.ru

Authors Details

Yurii O. Krivoshein, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, krivoshein@npowest.ru

Nikolai A. Tsvetkov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, nac.tsuab@yandex.ru

Tat'yana N. Nemova, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tatyana.nemova.0702@yandex.ru

Anna V. Kolesnikova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, ann203040@yandex.ru

Maria Ermenova, Graduate Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, M_ermenova@mail.ru

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 502

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-158-172

*А.С. ГЛАДКОВА, Н.Н. МИНАЕВ,
Национальный исследовательский Томский государственный университет*

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЙМЫ РЕКИ ТОМИ И НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. В статье содержатся сведения об инженерно-экологических изысканиях, которые включают в себя материалы исследования компонентов окружающей среды (почвенного и растительного покрова, атмосферного воздуха, животного мира и пр.). Данные изыскания проведены для новых предполагаемых объектов строительства, расположенных в пойме р. Томи и надпойменной террасе.

Целью работы является получение необходимого объема исходных данных для геоэкологической характеристики современного состояния окружающей среды.

В результате проведения инженерно-экологических изысканий авторами сделан вывод о том, что рассматриваемые участки пригодны для строительства и не будут иметь геоэкологических, экономических и социальных негативных последствий.

Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, отбор проб, экологическая обстановка, степень загрязненности, экологическое состояние, геоэкологическая характеристика

Для цитирования: Гладкова А.С., Минаев Н.Н. Геоэкологическая характеристика поймы реки Томи и надпойменной террасы для целей строительства // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 158–172.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-158-172

*A.S. GLADKOVA, N.N. MINAEV,
National Research Tomsk State University*

GEO-ECOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE TOM FLOOD-PLAIN AND TERRACE ABOVE IT FOR CONSTRUCTION PURPOSES

Abstract. The presents engineering and environmental surveys on the environmental components such as soil and vegetation cover, atmospheric air, fauna. These surveys are conducted

for the new proposed construction sites locating in the floodplain of the Tom River and the terrace above the floodplain. The purpose of the work is to obtain the necessary amount of baseline data for geo-ecological characterization of the current state of the environment. The engineering and ecological surveys show that the considered sites are suitable for a construction and do not provide geo-ecological, economic and social negative consequences.

Keywords: environmental engineering surveys, sampling, environmental situation, pollution, environmental conditions, geo-environmental characterization

For citation: Gladkova A.S., Minaev N.N. Geoekologicheskaya kharakteristika поймы реки Том' i nadпойменной terrasy dlya tselei stroitel'stva [Geo-ecological characterization of the Tom flood-plain and terrace above it for construction purposes]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 158–172. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-158-172

В 2015 г. Томск получил право называться студенческой столицей России. По количеству студентов на 10 тыс. жителей Томской области город занимает третье место в России после Москвы и Санкт-Петербурга. Главной проблемой студенческой столицы является нехватка мест в общежитиях. Более 8 тыс. студентов, нуждающихся в общежитии, не могут туда заселиться, а те, которые получили место, проживают по три-четыре, а то и по пять человек в одной комнате.

Для размещения новых общежитий рассматриваются особенности ландшафтов г. Томска как геолого-геоморфологической основы для строительства. Огромное влияние на размещение строительных площадок оказывает геологический субстрат, гидрологические условия и рельеф. На территории города и его окрестностей насчитывается 4 террасы, образовавшихся в результате геологической деятельности Томи в разные периоды времени. Наиболее актуальное расположение общежитий будет в пойме реки и надпойменной террасе, проведем сравнительную характеристику инженерно-экологических изысканий поймы р. Томи и надпойменной террасы.

Целью сравнения инженерно-экологических изысканий является экологическое обоснование строительства с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения.

Изыскания проводились в соответствии с СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». В состав инженерно-экологических изысканий вошло следующее:

– Производство полевых работ: комплексное инженерно-экологическое маршрутное обследование; исследование почвенного покрова; геоэкологическое и микробиологическое опробование почв; изучение растительного и животного мира; исследование радиационной обстановки; определение физических факторов воздействия на окружающую среду.

– Производство камеральных работ: сбор литературных материалов, характеризующих территорию исследования; оценка фоновое состояния атмосферного воздуха, поверхностных водных объектов, растительного покрова,

животного мира, почвенного покрова, радиационной обстановки; социально-экологические исследования; экологическая интерпретация полученных результатов [1–3].

Пойма реки Томи. Территория предполагаемого строительного участка расположена в Кировском районе г. Томска в границах улиц А. Иванова, Эуштинская и дамбы р. Томи, свободна от застройки (рис. 1).

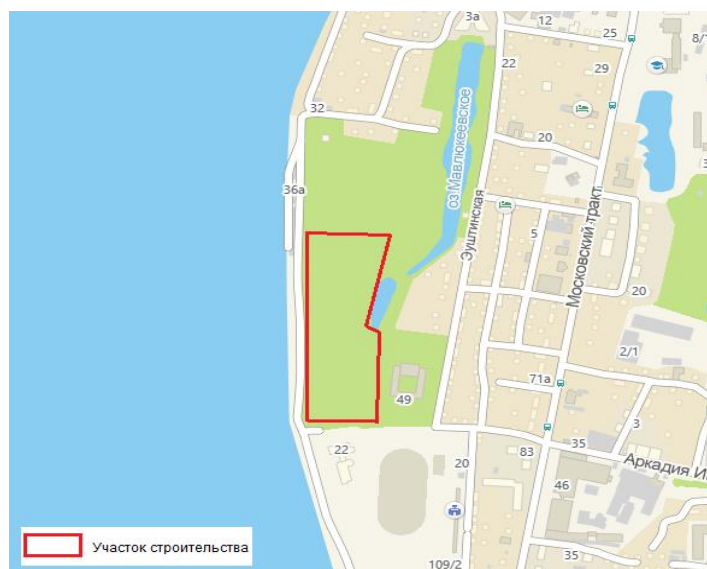


Рис. 1. Схема расположения предполагаемого строительного участка в пойме р. Томи

Состояние атмосферного воздуха. Основным источником загрязнения воздушного бассейна в районе предполагаемого строительства является автотранспорт.

Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, по данным ГУ ТО ЦГМС, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Примесь	Значение показателя, мг/м³					ПДК _{мр} *, мг/м³
	при скорости ветра 0–2 м/с	при скорости ветра 3–12 м/с и направлении				
		С	В	Ю	З	
Взвешенные ве- щества	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5
Диоксид азота	0,10	0,09	0,12	0,09	0,08	0,2
Оксид азота	0,05	0,06	0,09	0,06	0,05	0,4
Оксид углерода	4	4	4	4	4	5

*Предельно допустимая максимально разовая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

По данным ГУ ТО ЦГМС, в районе участка строительства содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не превышает допустимых значений [4].

Геоморфологическая характеристика. В геоморфологическом отношении изученная площадка расположена на высокой пойме р. Томи. Рельеф исследованной площадки относительно ровный, абсолютные отметки поверхности земли изменяются от 76,16 до 78,12 м. Поверхностный сток талых и дождевых вод, подземных вод на данной площадке направлен в сторону поймы р. Томи. Изученная площадка относится к естественно-неподтопленным территориям, т. к. дамба, построенная вдоль береговой линии р. Томи, регулирует разлив весенних и осенних паводковых вод.

Геологическое строение. В геологическом строении исследованной площадки до глубины 13,0 м принимают участие четвертичные аллювиальные отложения высокой поймы р. Томи. Изученная грунтовая толща с поверхности перекрыта почвенно-растительным слоем 0,2 м [5, 6].

Четвертичные аллювиальные отложения представлены суглинками твердыми темно-серого цвета, суглинками легкими пылеватыми мягкопластичными серого и голубоватого цветов, суглинками легкими пылеватыми текучими серого цвета, а также гравийно-галечниковой смесью [7].

Гидрогеологическая характеристика. Поверхностный сток на данной площадке ориентирован с юго-востока на северо-запад. В пределах площадки подземные воды в августе 2019 г. установлены на глубине 0,6–5,1 м (абс. отметки 76,49 и 77,73 м). Водовмещающими грунтами являются аллювиальные отложения: гравийно-галечниковый грунт с песчаным заполнителем. Мощность вскрытой обводненной зоны на участке застройки составляет более 6,1 м. Подземные воды безнапорные.

По природным условиям подтопления данная площадка относится к естественно-неподтопленным территориям, но в случае нарушения поверхностного стока дождевых и талых вод и аварийных или постоянных утечек из водонесущих трубопроводов возможно установление локально обводненных зон на глубине их заложения.

Физико-химическая характеристика грунтовых вод на участке строительства приведена на рис. 2.

Пробы воды отобраны из скважины, пробуренной в ходе инженерно-геологических изысканий на данном участке. Для сравнения приведены ПДК загрязняющих веществ для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, хотя вода не имеет хозяйственно-питьевого назначения.

Как показали результаты анализа (рис. 2), в исследованных пробах установлено превышение нормативов в отношении железа общего (до 16,2 ПДКхп) и нефтепродуктов (до 1,8 ПДКхп). Повышенное содержание железа является природной особенностью поверхностных вод Обь-Иртышского бассейна. Повышенное содержание нефтепродуктов в одной пробе указывает на присутствие в грунтовых водах органики, поступающей из почвенных горизонтов при разложении растительных остатков.

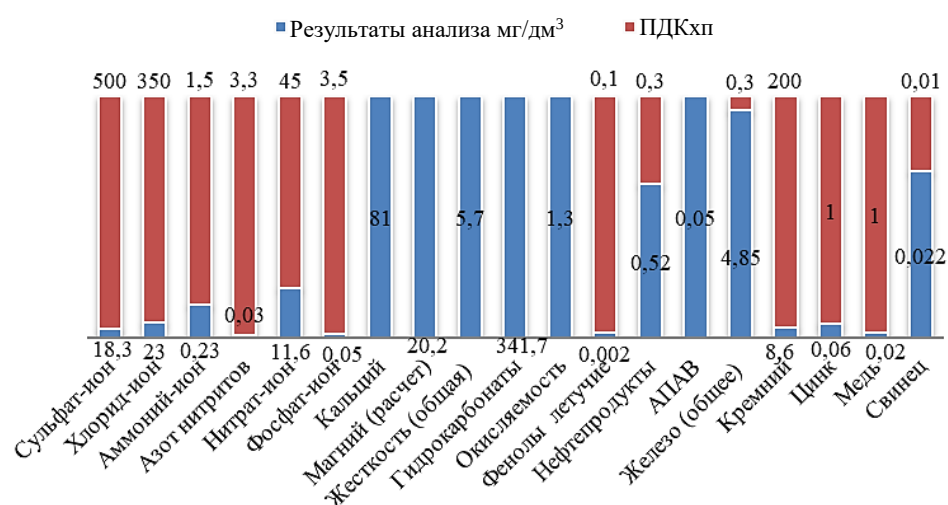


Рис. 2. Гидрохимические и физико-химические показатели подземных вод

Поверхностные водные объекты. Главной рекой г. Томска является Томь с ее притоками – Ушайкой, Басандайкой, Малой Киргизкой, Керепетью. Ширина русла реки в межень колеблется от 200 до 500 м, глубина – от 1,6 до 6,0 м. Территория проектируемого объекта находится на правом высоком берегу р. Томи. В непосредственной близости от северо-восточной границы участка находится оз. Мавлюкеевское. Согласно ст. 65 Водного кодекса РФ № 74-ФЗ от 03.06.2006 г., нормативная ширина водоохранной зоны р. Томи составляет 200 м, оз. Мавлюкеевское – 50 м [8–10].

Растительность и ландшафты. В настоящее время растительный покров города не соответствует зональному. На рассматриваемом участке и прилегающих территориях коренные растительные сообщества не представлены.

Территория исследования в границах планируемого земельного участка занята искусственными лесными насаждениями, расположенными рядами через 3–4 м, расстояние между деревьями в ряду – 1–2 м.

Повсеместно хорошо выражен кустарниковый ярус (подлесок), особенно во внутренней части. К периферии участка подлесок постепенно изреживается и почти полностью отсутствует под пологом нескольких крайних рядов. Состав достаточно однородный, почти повсеместно доминирует черемуха обыкновенная, в высоком обилии представлена также ветла.

Для большей части территории в связи с ее значительной затененностью характерен однородный травяной ярус, образованный небольшим числом видов. Всего в этих сообществах зарегистрировано более 60 видов травянистых растений.

По периферии значительно увеличивается влияние рекреации – следы кострищ, многочисленные тропы, повреждение стволов деревьев, участки сильно захламлены и т. п.

Санитарное состояние насаждений в целом оценено как неудовлетворительное. Территория испытывает интенсивную антропогенную нагрузку в связи с близостью жилой застройки и учебного корпуса Томского госуниверситета.

При проведении экологических изысканий на территории строительной площадки редких и особо охраняемых видов растений не обнаружено. Особо охраняемые природные территории федерального и областного значения отсутствуют.

Состояние почвенного покрова. С целью определения типовой принадлежности почв участка строительства, вскрытия и описания генетических горизонтов на площадке заложен почвенный разрез (рис. 3).



Рис. 3. Почва светло-серая тяжелосуглинистая

Основу почвенного покрова в ненарушенном состоянии составляют серые лесные почвы. Профиль серых лесных почв состоит из горизонтов: (A0) – A1A2 – B(B1B2) – BC – C. Серые лесные почвы характеризуются среднетощим гумусовым горизонтом со средним содержанием гумуса, слабокислой реакцией среды, слабой насыщенностью основаниями, относительно удовлетворительным впитыванием и фильтрацией, низкой оструктуренностью, слабой водопрочностью структурных агрегатов, относительно невысокими значениями суммы поглощенных оснований и гидролитической кислотности, гранулометрической неоднородностью профиля [11].

В настоящее время почвенный покров участка изысканий в целом соответствует зональному, однако присутствуют следы антропогенного воздействия.

Для оценки уровня загрязненности грунта проведен анализ 8 образцов почв: 4 точечные пробы из почвенного разреза и 4 смешанные пробы с поверхности на исследование физико-химических свойств и 2 смешанные пробы с поверхности на санитарно-гигиенические показатели. В результате анализа были обнаружены такие физико-химические элементы в почве, как калий (обменный), фосфор, кадмий, нефтепродукты, которые полностью соответствуют норме. Но незначительное превышение ПДК загрязняющих веществ выявлено во всех пробах в отношении металлов. Данные представлены в табл. 2.

Для оценки степени загрязненности земель химическими веществами принято использовать показатели, установленные для определения размеров ущерба от загрязнения земель. Согласно принятым показателям уровня загрязнения земель химическими веществами, установленное загрязнение почв оценивается как низкое для всех металлов (2-й уровень).

Таблица 2

Физико-химическая характеристика почв (металлы – в подвижной форме)

Наименование показателя	Значение показателя								ПДК* (ОДК)
Номер пробы	1	2	3	4	5	6	7	8	
Глубина отбора, м	0,0–0,2	0,2–0,5	1,0–1,2	1,8–2,0	0,0–0,2	0,0–0,2	0,0–0,2	0,0–0,2	–
Цинк, мг/кг	29,4	17,2	16,7	16,9	16,4	14,6	33,6	20,7	23,0
Медь, мг/кг	11,2	9,7	9,6	10,0	9,6	8,9	17,7	10,3	3,0
Свинец, мг/кг	10,4	4,4	5,0	5,4	8,0	6,6	14,2	12,6	6,0
Никель, мг/кг	8,0	9,5	8,2	7,8	9,5	9,5	8,0	8,0	4,0
Марганец, мг/кг	774,2	305,2	250,6	350,0	558,6	728,0	355,6	588,0	500,0

В результате лабораторных исследований проб почвы на микробиологию и паразитологию, отобранных на участке изысканий:

– в пробах почвы на содержание лактозоположительных кишечных палочек (коли-формы индекс) не обнаружено;

– патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, яйца геогельминтов, цисты простейших, личинки, куколки синантропных мух, не обнаружены во всех пробах;

– в пробах почвы содержание энтерококков (фекальные стрептококки) не обнаружено.

В соответствии с требованиями действующих нормативных документов: СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы», СанПиН 3.2.3215-14 «Профилактика паразитарных болезней на территории РФ», Методических указаний МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» – по исследованным санитарно-бактериологическим, паразитологическим и санитарно-энтомологическим показателям пробы почвы относятся к «чистой» категории загрязнения. Согласно рекомендациям почва с «чистой» категорией загрязнения можно использовать без ограничений [12].

Животный мир. На территории г. Томска и его окрестностей обитает около 286 видов наземных позвоночных. Фауна территории представлена зональными видами мелких животных.

Наиболее богато в естественных растительных сообществах представлен отряд грызунов: белка-летяга, обыкновенная белка, бурундук, мыши. На территории хозяйственных построек зарегистрировано несколько видов полевок: красная, серая, красно-серая, водяная, полевка-экономка. Широко представлена серая крыса.

Видовое разнообразие птиц достигает 64 видов, из которых 33 вида фоновые. Доминирующее положение по численности занимает домовый воробей

(50 %), большая синица (4,4 %), полевой воробей (3,4 %) и рябинник (3,2 % населения).

По экологическим группам наибольшим числом видов представлены кронники (15), наземники (13) и дуплогнезники (12 видов). По доле участия абсолютно доминировали синантропы (71,4 %) и дуплогнезники (13,2 %).

При проведении изысканий редких видов позвоночных животных, занесенных в Красную книгу РФ и Красную книгу Томской области, а также особо охраняемых, особо ценных и особо уязвимых видов в ходе изысканий не обнаружено [13, 14].

Сведения о радиационно-экологической обстановке. При проведении инженерно-экологических изысканий осуществлено комплексное радиационное исследование для выявления и оценки опасности источников внешнего гамма-излучения на строительной площадке. Замеры МЭД проведены на 92 пунктах, замеры плотности потока радона – на 10 пунктах.

Измерения проводились в соответствии с МУ 2.6.1.2398-08 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности».

По результатам обследования установлено: показания поискового радиометра: в среднем – 11 мкР/ч, от 6 до 16 мкР/ч. Аномалии фона внешнего гамма-излучения на территории застройки отсутствуют; среднее значение мощности дозы гамма-излучения в контрольных точках от 0,06 до 0,15 мкЗв/ч, в среднем 0,104 мкЗв/ч, что не превышает допустимый уровень в 0,3 мкЗв/ч, а также уровень природного радиационного гамма-фона, присущего данной местности; среднее значение плотности потока радона на участке – 31,85 мБк м⁻²с⁻¹, что не превышает допустимый уровень ППР (80 мБк м⁻²с⁻¹) [12].

Надпойменная терраса р. Томи. Территория строительного участка расположена в Кировском районе г. Томска в границах улиц Нахимова, Фёдора Лыткина и проезда Вершинина (рис. 4).

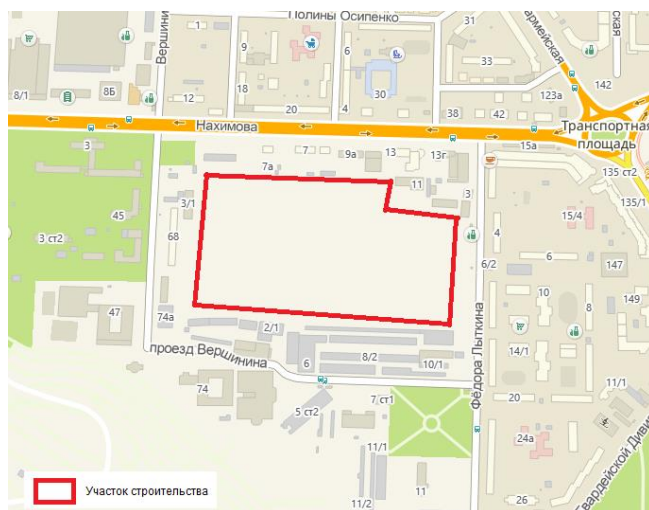


Рис. 4. Схема расположения предполагаемого строительного участка на надпойменной террасе

Состояние атмосферного воздуха. Основным источником загрязнения воздушного бассейна в районе предполагаемого строительства является автотранспорт. На расстоянии до 1 км от участка строительства расположены предприятия ОАО «ТЭМЗ», ОАО «Томское пиво», ОАО «Томский электроламповый завод». Участок строительства находится вне утвержденных санитарно-защитных зон предприятий. Фоновые концентрации загрязняющих веществ представлены в табл. 3

Таблица 3

Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Примесь	Значение показателя, мг/м³					ПДК максим. разрешения, мг/м³
	при скорости ветра 0–2м/с, мг/м³	при скорости ветра 3–12 м/с и направлении				
		С	В	Ю	З	
Взвешенные вещества	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,5
Диоксид серы	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,5
Диоксид азота	0,13	0,12	0,11	0,14	0,12	0,20
Оксид углерода	4	4	4	4	4	5

По данным ГУ ТО ЦГМС, в районе участка строительства содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не превышает допустимых значений [4].

Геоморфологическая характеристика. В геоморфологическом отношении территория изысканий приурочена к уступу Колывань-Томской складчатой зоны, образующей склон Томь-Яйского водораздела. Формирование рельефа Томь-Яйского водораздела проходило в среднечетвертичное время и обусловлено абразионными процессами Западно-Сибирского приледникового водного бассейна (Западно-Сибирского моря) и эрозионными процессами рек Томи, Ушайки, Басандайки, Киргизки в пределах границ коренных склонов их речных долин. Наряду с отмеченными факторами большое влияние на формирование рельефа оказали тектонические процессы.

Геологическое строение. В геологическом строении исследованной площадки до глубины 17,0–30,0 м принимают участие современные верхне-, среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения эрозионного склона Томь-Яйского междуречья, подстилаемые на глубине 4,5–8,0 м элювиальными отложениями коры выветривания глинистых сланцев мел-палеогенового возраста.

Разрез изученной территории в пределах склона представлен (сверху-вниз) насыпными суглинками, озерно-аллювиальными супесью, песками мелким и гравелистым, подстилающимися ниже продуктами коры выветривания мел-палеогеновых отложений – элювиальными глиной и суглинками различной консистенции [5, 6].

Гидрогеологическая характеристика. В пределах изученной площадки вскрыто два водоносных горизонта. Первый от поверхности водоносный горизонт зафиксирован на глубине 1,6–3,3 м. Мощность верхней водоносной толщи изменяется от 1,4 до 3,9 м. Водовмещающими грунтами являются песок мел-

кий, песок гравелистый и насыпные грунты в подножии склона. Подземные воды данного горизонта имеют безнапорный характер движения. Положение зеркала подземных вод повторяет изменения гипсометрических отметок рельефа поверхности земли на данной территории. Питание осуществляется в основном за счет атмосферных осадков, и в том числе за счет транзитной разгрузки подземных вод с Томь-Яйского междуречья. Уровненный режим подземных вод имеет незначительные сезонные изменения, т. к. транзит и разгрузка грунтового потока прослеживаются в сторону понижения рельефа склоновой части площадки с последующим транзитом в отложения высокой поймы р. Томи.

Второй нижний водоносный горизонт приурочен к тыловой части высокой поймы р. Томи. Подземные воды установлены на глубине 11,6–12,0 м. Водовмещающим грунтом является дресвяный грунт с песчаным заполнителем. Вскрытая мощность обводненной зоны составляет 5,4–6,0 м, подземные воды имеют напорно-безнапорный характер движения.

Физико-химическая характеристика грунтовых вод на участке строительства представлены на рис. 5. Проба подземной воды отобрана с глубины около 2 м из скважины, пробуренной в ходе инженерно-геологических изысканий. Для сравнения приведены ПДК загрязняющих веществ для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Вода на данном участке не имеет хозяйственно-питьевого назначения.

Как показали результаты анализа (рис. 5), в исследованных пробах установлено незначительное превышение нормативов в отношении железа общего (3,7 ПДКхп) и нефтепродуктов (1,67 ПДКхп).

Повышенное содержание железа связано с действием природных факторов. Так, по данным администрации Томской области, на территории области повсеместно в подземных (грунтовых) водах наблюдается превышение предельно допустимой концентрации содержания железа (от 2 до 77,7 раза). Повышенное содержание железа является природной особенностью поверхностных вод Обь-Иртышского бассейна.

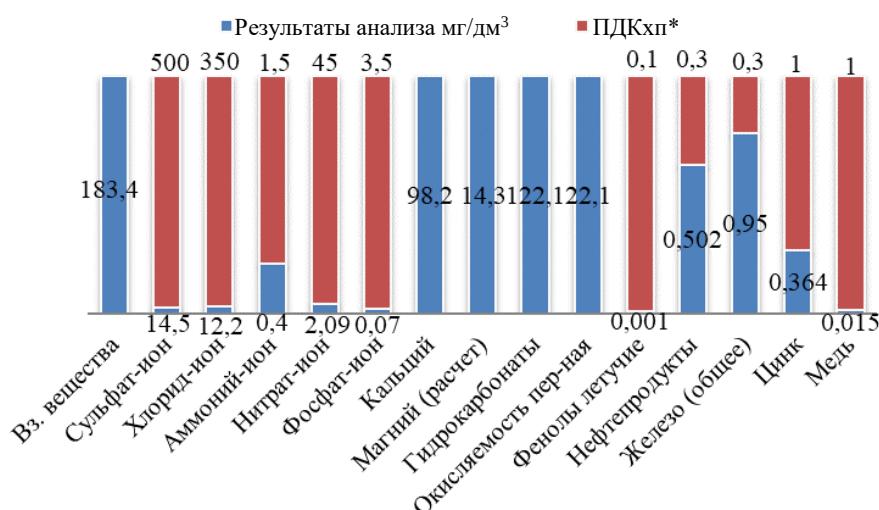


Рис. 5. Гидрохимические и физико-химические показатели подземных вод

Повышенное содержание нефтепродуктов в пробе указывает на присутствие в грунтовых водах органики, поступающей из почвенных горизонтов при разложении растительных остатков и отходов в связи с заброшенностью участка и его неудовлетворительным санитарным состоянием [8–10].

Поверхностные водные объекты. На обследуемом участке поверхностных водоемов и водотоков не обнаружено. Расстояние от площадки строительства до р. Томи составляет более 670 м, до оз. Мавлюкеевское – 540 м. Таким образом, участок строительства находится вне водоохранных зон поверхностных водных объектов, на значительном удалении от них.

Растительность и ландшафты. В настоящее время растительный покров города не соответствует зональному. На участке строительства и прилегающих территориях коренные растительные сообщества отсутствуют. Растительный покров представлен редкими зарослями синантропных сорных растений. Древесные насаждения на территории строительной площадки отсутствуют.

Состояние почвенного покрова. С целью определения типовой принадлежности почв участка строительства, вскрытия и описания генетических горизонтов в центральной части площадки заложен почвенный разрез (рис. 6).

Основу почвенного покрова в ненарушенном состоянии составляют серые лесные почвы. Профиль серых лесных почв состоит из горизонтов: (A0) – A1A2 – B(B1B2) – BC – C. Серые лесные почвы характеризуются среднетощим гумусовым горизонтом со средним содержанием гумуса, слабокислой реакцией среды, слабой насыщенностью основаниями, относительно удовлетворительным впитыванием и фильтрацией, низкой оструктуренностью, слабой водопрочностью структурных агрегатов, относительно невысокими значениями суммы поглощенных оснований и гидролитической кислотности, гранулометрической неоднородностью профиля [11].



Рис. 6. Разрез, насыпные суглинки с примесью гравия, шлака, обломков кирпича

В настоящее время почвенный покров участка изысканий в целом соответствует зональному, присутствуют следы значительного антропогенного воздействия. Обследование площадки строительства и прилегающих территорий показало, что основу почвенного покрова участка составляют антропогенные отложения, представляющие собой насыпные суглинки мощностью 1,6–2,9 м с примесью гравия, шлака, обломков кирпича до 7–9 %.

Для оценки уровня загрязненности грунта проведен анализ 8 образцов почв: 4 точечные пробы из почвенного разреза и 4 смешанные пробы с поверхности на исследование физико-химических свойств и 2 смешанные пробы с поверхности на санитарно-гигиенические показатели. В результате анализа были обнаружены такие физико-химических элементы в почве, как цинк, кадмий, нефтепродукты, марганец, ртуть, которые полностью соответствуют норме. Но незначительное превышение ПДК загрязняющих веществ выявлено во всех пробах в отношении металлов. Данные представлены в табл. 4.

Таблица 4

Физико-химическая характеристика почв (металлы – в подвижной форме)

Наименование показателя	Значение показателя								ПДК (ОДК)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Номер пробы									
Глубина отбора, м	0,0–0,2	0,2–0,5	1,0–1,2	1,8–2,0	0,0–0,2	0,0–0,2	0,0–0,2	0,0–0,2	
Водородный показатель, pH	7,8	7,9	8,1	7,9	7,9	6,6	6,7	7,9	
Медь, мг/кг	5,8	6,7	6,4	6,1	6,5	5,4	5,6	5,7	3
Свинец, мг/кг	11,8	5,6	5,7	5,1	10,5	5	5,2	5	6
Никель, мг/кг	5,6	3,8	3,7	3,8	5,1	5,8	5,4	4,1	4

Согласно данным проведенных анализов (табл. 4), во всех пробах установлено незначительное превышение ПДК тяжелых металлов – меди (до 2,2 ПДК), свинца (до 2,0 ПДК) и никеля (до 1,5 ПДК). Повышенное содержание загрязняющих веществ может быть связано с привнесением металлов в составе смеси различных грунтов, поступавших на данную территорию в разное время в процессе строительства и эксплуатации городской среды.

Для оценки уровня загрязнения земель химическими веществами принято использовать показатели, установленные для определения размеров ущерба от загрязнения земель. Согласно показателям уровня загрязнения земель химическими веществами, установленное повышенное содержание меди, свинца и никеля во всех пробах оценивается как низкое (2-й уровень).

Результаты санитарно-гигиенического анализа почв показали их соответствие санитарным [12].

Разнообразие животного мира надпойменной террасы совпадает с животным миром поймы р. Томи. Особо охраняемых, особо ценных и особо уязвимых видов в ходе изысканий не обнаружено.

Сведения о радиационной обстановке также совпадают со сведениями поймы Томи, а значит, следует вывод, что земельный участок соответствует требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов по радиационным показателям.

В период строительства воздействие на атмосферный воздух будет происходить выхлопными газами в процессе работы строительной техники, грузового автотранспорта при доставке строительных материалов, в процессе проведения сварочных работ, приготовления растворов, эти загрязнения будут локальными и краткосрочными. В период эксплуатации воздействие на атмосферный воздух ограничивается выбросом загрязняющих веществ от автотранспорта.

Потребление воды в период строительства предусмотрено в процессе производства бентонитовой суспензии. Технология производства бентонитовой суспензии не предусматривает водоотведения, использованная вода будет испаряться естественным способом в процессе отвердевания раствора. Для питьевых целей в период строительства будет использована бутилированная вода с оборотной тарой. В период эксплуатации водоснабжение и водоотведение осуществляется от существующих коммуникаций.

Твёрдые бытовые отходы и уличный смёт при уборке территории будут собираться в мусоросборочные контейнеры и подлежат вывозу на полигон ТБО.

Воздействия на подземные воды при строительстве и эксплуатации объекта происходить не будет.

Воздействие на почвенно-растительный покров при строительстве и эксплуатации объекта на прилегающих к земельному отводу территориях не прогнозируется.

Участок, отведенный под строительство, расположен в селитебной зоне г. Томска, вследствие чего дополнительного воздействия на животный мир оказано не будет.

С точки зрения благоустройства территории объект не ухудшит санитарно-гигиенические условия района.

В целом же отрицательное воздействие объекта на компоненты окружающей среды в штатных условиях будет незначительным.

Таким образом, после проведения инженерно-экологических изысканий на двух участках: в пойме р. Томи и надпойменной террасе можно сделать следующие выводы:

- антропогенно-экологическое состояние территорий в районах строительства – удовлетворительное;
- предполагаемые объекты строительства не имеют значимых экологических последствий;
- прогнозируемое возможное воздействие на окружающую среду в результате реализации проектных решений является допустимым.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ivanovic S., Nikolic G. Engineering-geological and geoecological aspects for bridge foundation construction across the bokakotor Bay // *Geoeкологиya. Inzheneraya geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya*. 2004. № 1. P. 19–26.

2. Жиров А.И., Ласточкин А.Н. Геоэкология. Методика геоэкологических исследований. Санкт-Петербург : Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2002. 136 с.
3. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск : СГУ, 1999. 154 с.
4. Экологический мониторинг «Состояние окружающей среды Томской области в 2006 году» / ОГУ «Облкомприрода». Томск, 2014. 24 с.
5. Исаченко А.Г. Экологическая география России. Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. 328 с.
6. Григор Г.Г., Кожевникова З.П., Тюменцева Н.Ф. Физико-географическое районирование Томской области // Вопросы географии Сибири. 1962. С. 13–26.
7. Ольховатенко В.Е., Лазарев В.М., Филимонова И.С. Геоэкологические условия территории г. Томска и их влияние на городскую застройку // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 131–139.
8. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. Томск, 2003. 336 с.
9. Об утверждении долгосрочной целевой программы «Чистая вода Томской области» на 2012–2017 годы : Постановление Администрации Томской области от 21.03.2012 № 105а.
10. Департамент природных ресурсов Томской области : официальный сайт. URL: <http://www.green.tsu.ru> (дата обращения: 02.02.2022).
11. Агрогидрологические свойства почв юго-восточной части Западной Сибири / под ред. В.П. Панфилова. Ленинград : Гидрометеиздат, 1979. С. 301–347.
12. О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2020 году : Государственный доклад. Томск, 2021. URL: <https://ogbu.green.tsu.ru/wpcontent/uploads/2021/07/%D0%93%D0%BE%D1%81%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4-2020.pdf> (дата обращения: 03.02.2022).
13. Шубин Н.Г. Экология млекопитающих юго-востока Западной Сибири. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 263 с.
14. Миловидов С.П., Нехорошев О.Г. Динамика населения птиц г. Томска // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 300-2.

REFERENCES

1. Ivanovic S., Nikolic G. Epdipeegipd-geological and geoecological aspects for bridge foundation construction across the Bokakotor Bay. *Geoekologiya. Inzheneraya geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya*. 2004. No. 1. Pp. 19–26.
2. Zhiron A.I., Lastochkin A.N. Geoekologiya. Metodika geoekologicheskikh issledovaniy [Geoecology. Methodology of geo-ecological research]. Saint-Petersburg, 2002. 136 p. (rus)
3. Kochurov B.I. Geoekologiya: ekodiagnostika i ekologo-hozyaistvennyi balans territorii [Geoecology. Eco-diagnostics and ecological balance of the territory]. Smolensk: SGU, 1999. 154 p. (rus)
4. Ekologicheskii monitoring "Sostoyanie okruzhayushchei sredy Tomskoi oblasti v 2006 godu" [Environmental monitoring "The environment state of the Tomsk region in 2006"]. Tomsk, 2014. 24 p. (rus)
5. Isachenko A.G. Ekologicheskaya geografiya Rossii [Ecological geography of Russia]. Saint-Petersburg, 2001. 328 p. (rus)
6. Grigor G.G., Kozhevnikova Z.P., Tyumentseva N.F. Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Tomskoi oblasti [Physical and geographical zoning of the Tomsk region]. In: Voprosy geografii Sibiri [Questions of geography of Siberia]. Tomsk, 1962. Pp. 13–26. (rus)
7. Olkhovatenko V.E., Lazarev V.M., Filimonova I.S. Geoekologicheskie usloviya territorii g. Tomsk i ikh vliyanie na gorodskuyu zastroiku [Geoecological conditions of the Tomsk territory and urban development]. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 4. Pp. 131–139. (rus)
8. Yazikov E.G., Shatilov A.Yu. Geoekologicheskii monitoring [Geoecological monitoring]. Tomsk, 2003. 336 p. (rus)
9. Ob utverzhdenii dolgosrochnoi tselevoi programmy «Chistaya voda Tomskoi oblasti» na 2012–2017 gody: Postanovlenie Administratsii Tomskoi oblasti ot 21.03.2012 № 105a [Reso-

- lution of the Tomsk Region Administration N 105a, 21.03.2012 "Long-term target program. Clean water of the Tomsk region 2012–2017". (rus)
10. Departament prirodnnykh resursov Tomskoi oblasti [Department of Natural Resources of the Tomsk region]. Available: www.green.tsu.ru (accessed February 2, 2022) (rus)
 11. *Panfilov V.P. (Ed.) Agrogidrologicheskie svoystva pochv yugo-vostochnoi chasti Zapadnoi Sibiri* [Agrohydrological properties of soils of the south-eastern part of Western Siberia]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979. Pp. 301–347. (rus)
 12. O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy Tomskoi oblasti v 2020 godu: Gosudarstvennyi doklad [Environmental state and protection of the Tomsk Region in 2020. State Report]. Tomsk, 2021. Available: <https://ogbu.green.tsu.ru/wpcontent/uploads/2021/07/%D0%93%D0%BE%D1%81%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4-2020.pdf> (accessed February 3, 2022) (rus)
 13. *Shubin N.G. Ekologiya mlekopitayushchikh yugo-vostoka Zapadnoi Sibiri*. [Ecology of mammals at the south-east of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 1991. 263 p. (rus)
 14. *Milovidov S.P., Nekhoroshev O.G. Dinamika naseleniya ptits g. Tomsk* [Dynamics of bird population of Tomsk]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2007. No. 300-2. (rus)

Сведения об авторах

Гладкова Анастасия Сергеевна, аспирант, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, 26НАСТЕНА26@mail.ru

Минаев Николай Николаевич, докт. экон. наук, профессор, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, nnminaev@mail.ru

Authors Details

Anastasia S. Gladkova, Research Assistant, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, 26НАСТЕНА26@mail.ru

Nikolay N. Minaev, DSc, Professor, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., Tomsk, Russia, 634050, nnminaev@mail.ru

УДК 628.2/691.4

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-173-179

О.А. ПРОДОУС¹, А.А. МАЛЫШЕВА²,
И.А. АБРОСИМОВА², А.Г. ЧЕЛОНЕНКО²,

¹ООО «ИНКО-эксперт»,

²Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА САМОТЕЧНЫХ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ С ВНУТРЕННИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Аннотация. Статья посвящена обзору формул для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с внутренними отложениями. В существующей практике расчета самотечных сетей существуют методики гидравлического расчета только для новых труб. При этом на стенках трубопроводов при определенных условиях могут образовываться слои отложения с разной структурой, которые влияют на значения гидравлических характеристик системы.

Целью работы является выявление расчетных зависимостей для трубопроводов с отложениями в самотечных сетях водоотведения.

Использованы гипотезы и формулы по расчету трубопроводов, а также существующие положения нормативной документации в области водоотведения.

Выявлены расчетные зависимости для трубопроводов с отложениями, введено понятие приведенного диаметра труб.

Выделены направления дальнейшего изучения влияния толщины слоя отложений в лотковой части труб на значения их гидравлических характеристик и необходимости разработки таблиц для гидравлического расчета труб самотечных сетей водоотведения с внутренними отложениями.

Ключевые слова: самотечные сети, гидравлический расчёт, внутренние отложения, расчётная зависимость, уточненная формула

Для цитирования: Продоус О.А., Малышева А.А., Абросимова И.А., Челоненко А.Г. Особенности гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с внутренними отложениями // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 173–179.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-173-179

O.A. PRODOUS¹, A.A. MALYSHEVA²,
I.A. ABROSIMOVA², A.G. CHELONENKO²,

¹ООО “INCO-expert”,

²The National Research Moscow State University of Civil Engineering

HYDRAULIC ANALYSIS OF GRAVITY FLOW WATER DISTRIBUTION WITH INTERNAL DEPOSITS

Abstract. Purpose: The purpose of this work is to suggest dependencies for pipelines with deposits in gravity flow water distribution systems. **Methodology/approach:** Hypotheses and formulas for the pipeline hydraulic analysis; regulatory documents on the water disposal. **Research findings:** The paper presents the hydraulic analysis equations of gravity flow water distribution with internal deposits. The current regulatory documents contain methods of the hy-

draulic analysis for new pipelines only. At the same time, deposits of various structure can appear on the pipeline walls under certain conditions, which affect the hydraulic parameters of the system. The dependences are suggested for pipelines with deposits and the concept is proposed for the reduced pipe diameter. *Value:* Further directions are identified for studying the influence of the thickness of the sediment layer in the pipeline on its hydraulic properties. A need for tabulating the results of the hydraulic analysis of pipes with gravity flow distribution with internal deposits is substantiated.

Keywords: gravity flow water distribution, hydraulic analysis, internal deposits, dependencies, refined formula

For citation: Prodous O.A., Malysheva A.A., Abrosimova I.A., Chelonenko A.G. Osobennosti gidravlicheskogo rascheta samotechnykh setei vodoootvedeniya s vnutrennimi otlozheniyami [Hydraulic analysis of gravity flow water distribution with internal deposits]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 173–179. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-173-179

Введение

Гидравлический расчет самотечных труб с отложениями заключается в определении их фактического внутреннего диаметра $d_{\text{вн}}$, фактической скорости $V_{\text{ф}}$ и фактического уклона при заданном расходе, т. е. к определению значений фактических характеристик гидравлического потенциала труб для неравномерного самотечного потока сточной жидкости.

Основной вклад в решение задач по расчету трубопроводов внесли А. Шези и Н.Ф. Федоров.

Антуан Шези (1718–1798) – французский инженер-гидравлик. Является автором формулы для определения средней скорости потока при установившемся равномерном турбулентном движении жидкости в области квадратичного сопротивления для случая безнапорного потока. Впервые опубликовал ее в 1769 г.

Николай Федорович Федоров (1910–1990) – инженер, педагог, учёный, крупный специалист в области защиты окружающей среды и комплексных исследований санитарного состояния водоёмов северо-запада России, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Предложил универсальную формулу для расчёта канализационных сетей.

Существуют две методики гидравлического расчета самотечных сетей.

Первая методика – для самотечных потоков при турбулентном режиме в зоне шероховатого трения, вторая – для самотечных потоков при любом из двух возможных режимов движения: шероховатой и переходной области между ними. В результате сравнения значений характеристик гидравлического потенциала труб по формуле А. Шези и формуле Н.Ф. Федорова даем преимущество формуле А. Шези.

Методы

В первой методике гидравлического расчета самотечных сетей используются уравнения неразрывности потока

$$q = \omega V = \frac{V \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4}, \quad (1)$$

где q – заданный расход, м³/с; $\omega = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4}$ – площадь живого сечения трубы, м²; $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр труб, м, и гипотезы А. Шези – применения при расчете вместо $d_{\text{вн}}$ значения гидравлического радиуса труб $R = d_{\text{вн}}/4$ м в формуле А. Шези, имеющей вид

$$V = C\sqrt{R \cdot i}, \quad (2)$$

где C – коэффициент А. Шези, определяемый по формуле Н.Н. Павловского в диапазоне значений $0,1 < R < 3$; R – гидравлический радиус, м; i – гидравлический уклон, м/м, м,

$$C = \frac{R^y}{n}. \quad (3)$$

Для расчетов используют значение показателя степени y в формуле (3):

$$y = 1,5 \cdot n, \quad (4)$$

где n – коэффициент шероховатости стенок труб.

Для расчетов используют значение n в диапазоне величин $n = 0,012-0,014$.

Вторая методика базируется на использовании уравнения (1) и формулы Н.Ф. Федорова, имеющей вид

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 Lg \left(\frac{\Delta}{13,68R} + \frac{\alpha_2}{\text{Re}} \right), \quad (5)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления, входящий в формулу

Дарси – Вейсбаха $i = \lambda \frac{V^2}{2g \cdot d_{\text{вн}}}$, мм/м (м/м); Δ и α_2 – величины, назначаемые

в зависимости от структуры шероховатости стенок труб и характера сточной жидкости. На практике используют значения в диапазоне величин: $0,6 \leq \Delta \leq 2,0$ мм; $70 \leq \alpha_2 \leq 100$ [1]; R – гидравлический радиус, м; Re – число Рейнольдса; ν – коэффициент кинематической вязкости сточной жидкости, зависящий от ее температуры, м²/с.

Эти формулы для гидравлического расчета актуальны только для новых трубопроводов с равномерным движением сточных вод. Однако на практике движение неравномерное, что приводит к образованию слоя отложений [2].

Основной причиной образования отложений в лотковой части самотечных сетей водоотведения является неравномерность движения сточных вод, обусловленная:

- скоростным режимом потока, когда $V_{\text{ф}} \leq V_{\text{min}}$, м/с [3];
- влиянием местных сопротивлений, тормозящих самотечный поток (повороты, отводы, тройники и др.) [6];
- влиянием боковых присоединений и перепадов местных отметок сети [13];
- просадками трассы и наличием в лотковой части труб крупных механических частиц, тормозящих поток (гравий, щебень, ветки деревьев и др.) [12].

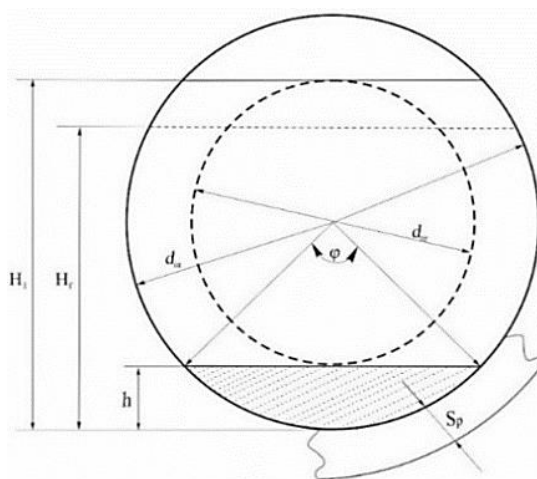
В настоящее время не существует формулы для гидравлического расчета трубопроводов с отложениями в лотковой части труб [7].

Если анализировать нормативный документ по проектированию наружной канализации СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения», то его содержание не предусматривает гидравлический расчет трубопроводов с отложениями.

Однако п. 5.2.1 вышеуказанного документа содержит следующее: «Гидравлический расчет канализационных самотечных трубопроводов (лотков, каналов) следует выполнять на расчетный максимальный секундный расход сточных вод по таблицам, графикам и номограммам. Основное требование при проектировании самотечных трубопроводов – пропуск расчетных расходов при самоочищающих скоростях движения транспортируемых сточных вод» [9].

Результаты

На практике при нарушении скоростного режима потока в лотковой части труб возможно образование отложений, влияющих на значения величин характеристик гидравлического потенциала труб $d_{\text{вн}}$, V , i , входящих в расчетную формулу (2). Однако формула (2) не учитывает толщину слоя отложений h (рисунок).



Геометрические параметры потока в самотечных сетях водоотведения:

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр; d_n – наружный диаметр; S_p – толщина стенки трубы; h – толщина слоя отложений; $H_{\text{ф}}$ – фактическое наполнение; H – степень наполнения в новой трубе; φ – угол между хордами, соединяющими границы поверхности осадка с центром трубы

Поэтому рекомендуется использовать при гидравлических расчетах самотечных сетей водоотведения уточненную О.А. Продоусом и Д.И. Шлычковым формулу А. Шези, имеющую вид [3, 5, 8]:

$$i = \frac{4 \cdot V^2}{C^2 \cdot d_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где V – скорость установившегося потока, м/с; C – коэффициент А. Шези, определяемый по формуле (3); $d_{пр}$ – приведенный диаметр, м, определяемый по формуле

$$d_{пр} = \sqrt{(d_n)^2 - (d_{вн} - h)^2}, \quad (7)$$

где d_n – наружный диаметр труб по государственному стандарту, м; S_p – толщина стенки трубы для конкретного вида материала по государственному стандарту, м; $d_{вн}$ – внутренний диаметр труб по государственному стандарту, м; h – толщина слоя отложений, м.

С учетом формулы (7) окончательный вид расчетной зависимости для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения приобретает вид

$$i = \frac{4 \cdot V^2}{C^2 \sqrt{(d_n)^2 - (d_{вн} - h)^2}}. \quad (8)$$

Таким образом, использование при расчетах уточненного вида формулы А. Шези (8) позволяет существенно уточнять гидравлический расчет самотечных сетей с отложениями в лотковой части труб и обеспечивать прогнозирование возможности их дальнейшей эксплуатации.

В качестве будущих направлений исследования необходимо выделить:

1. Изучение структуры слоя отложений и механизма их образования [10].
2. Приведенные формулы являются основанием для составления таблиц для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб [4, 11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чупин Р.В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения. Иркутск : Изд-во ИрГТУ. 2015. 418 с.
2. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Прогнозирование возможности продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 646–653. URL: <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-646-653>
3. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Механизм образования слоя отложений в лотковой части труб самотечных сетей водоотведения // Известия вузов. Строительство. 2021. № 6 (750). С. 95–98.
4. Продоус О.А., Новиков М.Г., Кривоносов С.И. Рекомендации по гидродинамической очистке и телевизионной диагностике сетей водоотведения / Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова. Санкт-Петербург, 2001. 36 с.
5. Продоус О.А. Зависимость продолжительности исследования металлических трубопроводов водоснабжения от толщины слоя отложений на внутренней поверхности труб // Яковлевские чтения : сб. докладов XV Международной научно-технической конференции, 19 марта 2020 г. Москва : Изд-во МИСИ – МГСУ, 2020. С. 113–117. URL: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>
6. Продоус О.А. Методика оценки продолжительности использования металлических трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2021. № 1 (157). С. 4–10.

7. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Об изменении значений гидравлических характеристик напорных канализационных коллекторов из стальных и чугунных труб с внутренними отложениями // Известия вузов. Строительство. 2020. № 12 (744). С. 70–77.
8. Ботук Б.О., Федоров Н.Ф. Канализационные сети. Москва : Стандарт, 1976. 272 с.
9. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справочное пособие. Москва : Издательский дом «Бастет», 2016. 428 с.
10. Шлычков Д.И. Проблемы технического состояния действующих трубопроводных систем // Инновации и инвестиции. 2020. № 4. С. 207–210.
11. Shlychkov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency // Opcion. 2019. T. 35. № 24 (Special Edition). P. 1626–1636.
12. Carsten Ulrich Schwermera, Wolfgang Uhlabc. Calculating expected effects of treatment effectivity and river flow rates on the contribution of WWTP effluent to the ARG load of a receiving river // Journal of Environmental Management. 2021 № 288. P. 2–14.
13. Cezary Madryas, Bogdan Przybyła. Inspection of pipes as an element of operating municipal sewerage networks // Tunnelling and Underground Space Technology. 1998. V. 13, I. 1. P. 57–64. ISSN 0886-7798. URL: [https://doi.org/10.1016/S0886-7798\(98\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S0886-7798(98)00026-1)

REFERENCES

1. Chupin R.V. Optimizatsiya razvivayushchikhsya sistem vodootvedeniya [Optimization of wastewater system development]. Irkutsk, 2015. 418 p. (rus)
2. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Prognozirovanie vozmozhnosti prodolzheniya ekspluatatsii samoteknykh setei vodootvedeniya s otlozheniyami v lotkovoi chasti trub [Forecasting the possibility of continual operation of gravity flowwater systems with deposits in pipes]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2021. V. 11. No. 4. Pp. 646–653. DOI: 0.21285/2227-2917-2021-4-646-653 (rus)
3. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Mekhanizm obrazovaniya sloya otlozhenii v lotkovoi chasti trub samoteknykh setei vodootvedeniya [Formation of deposit layers in the flume part of pipes of gravity flow networks]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2021. No. 6 (750). Pp. 95–98. (rus)
4. Prodous O.A., Novikov M.G., Krivosov S.I. Rekomendatsii po gidrodinamicheskoi ochistke i televisionnoi diagnostike setei vodootvedeniya [Recommendations for hydrodynamic cleaning and television diagnostics of water disposal systems]. Saint-Petersburg, 2001. 36 p. (rus)
5. Prodous O.A. Zavisimost' prodolzhitel'nosti issledovaniya metallicheskh truboprovodov vodosnabzheniya ot tolshchiny sloya otlozhenii na vnutrennei poverkhnosti trub [Duration of the study of metal water supply vs. deposit layer thickness on the inner pipe surface]. In: Yakovlevskie chteniya sb. dokladov 15 Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Coll. Papers 15th Int. Sci. Conf.). Moscow, 2020. Pp. 113–117. Available: <http://mgssu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/otkr-dostupa/> (rus)
6. Prodous O.A. Metodika otsenki prodolzhitel'nosti ispol'zovaniya metallicheskh truboprovodov sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya [Evaluation methodology of metal pipeline operation for water supply and drainage systems]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. 2021. No. 1 (157). Pp. 4–10. (rus)
7. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Ob izmenenii znachenii gidravlicheskh kharakteristik napornykh kanalizatsionnykh kollektorov iz stal'nykh i chugunnykh trub s vnutrennimi otlozheniyami [Hydraulic parameters of pressure sewer headers made of steel and cast-iron pipes with internal deposits]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2020. No. 12 (744). Pp. 70–77. (rus)
8. Botuk B.O., Fedorov N.F. Kanalizatsionnye seti [Sewer networks]. Moscow: Standart, 1976. 272 p. (rus)
9. Shevelev F.A., Shevelev A.F. Tablitsy dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnykh trub [Tables for hydraulic analysis of water pipes]. Moscow: Bastet, 2016. 428 p. (rus)
10. Shlychkov D.I. Problemy tekhnicheskogo sostoyaniya deistvuyushchikh truboprovodnykh sistem [Technical condition of pipeline systems]. *Innovatsii i investitsii*. 2020. No. 4. Pp. 207–210. (rus)
11. Shlychkov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency [Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency]. *Opcion*. 2019. V. 35. No. 24 (Special edition). Pp. 1626–1636. (rus)

12. Carsten Ulrich Schwermera, Wolfgang Uhlabc. Calculating expected effects of treatment effectiveness and river flow rates on the contribution of WWTP effluent to the ARG load of a receiving river. *Journal of Environmental Management*. 2021. No. 288. Pp. 2–14.
13. Cezary Madryas, Bogdan Przybyła. Inspection of pipes as an element of operating municipal sewerage networks. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 1998. V. 13. No. 1. Pp. 57–64. DOI: 10.1016/S0886-7798(98)00026-1

Сведения об авторах

Продоус Олег Александрович, докт. техн. наук, профессор, генеральный директор, ООО «ИНКО-эксперт», 190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 37/1, лит. А, пом. 1-Н, pro@enco.su

Малышева Анна Александровна, канд. техн. наук, доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, MalyshevaAA@mgsu.ru

Абросимова Иванна Александровна, преподаватель, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, AbrosimovaIA@mgsu.ru

Челоненко Андрей Геннадьевич, студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, andreicelonenco@mail.ru

Authors Details

Oleg A. Prodous, DSc, Professor, Director General ООО "INCO-expert", 37/1, Moskovskii Ave., 190005, St.-Petersburg, Russia, pro@enco.su

Anna A. Malysheva, PhD, A/Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), 26, Yaroslavskoye Shosse, 129337, Moscow, Russia, MalyshevaAA@mgsu.ru

Ivanna A. Abrosimova, Lecturer, The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoe Road, 129337, Moscow, Russia, AbrosimovaIA@mgsu.ru

Andrey G. Chelonenko, Student, The National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoe Road, 129337, Moscow, Russia, andreicelonenco@mail.ru

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 693.22:624.04

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-180-190

И.И. ПОДШИВАЛОВ,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛОНН И СВЯЗЕЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗДАНИЯ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Аннотация. Объектом исследования являются колонны и связи экспериментального пятиэтажного с подвалом сборно-монолитного безригельного каркаса здания.

Моделирование напряженного состояния колонн и связей каркаса экспериментального здания от прогрессирующего обрушения выполнено при удалении средней колонны в подвале с помощью трех методов – квазистатического и динамического, а также кинематическим методом теории предельного равновесия в ПВК MicroFe с разработкой пространственной расчетной модели на жестком основании.

Полученные результаты показали невозможность прогрессирующего обрушения каркаса при удалении средней колонны в подвале экспериментального здания.

При сравнении результатов расчета колонн и связей каркаса от прогрессирующего обрушения квазистатическим и динамическим методами, а также кинематическим методом предельного равновесия получена сходимость результатов по предельной нагрузке в колоннах и связях в пределах 15 %. Динамический метод расчета дает большие значения предельной нагрузки в колоннах и связях по сравнению с двумя другими методами.

Ключевые слова: сборно-монолитный каркас, выключение колонны, прогрессирующее обрушение, расчетная модель, напряженное состояние

Для цитирования: Подшивалов И.И. Анализ результатов моделирования напряженного состояния колонн и связей экспериментального здания от прогрессирующего обрушения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 180–190.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-180-190

I.I. PODSHIVALOV,

Tomsk State University of Architecture and Building

PROGRESSIVE COLLAPSE ANALYSIS OF EXPERIMENTAL BUILDING SKELETON BASED ON STRESS-STRAIN STATE OF COLUMNS AND JOINTS

Abstract. Purpose: The aim of this work is to compare three methods of the progressive collapse analysis of the experimental building skeleton based on the stress-strain state of the col-

umns and joints. *Design technique*: The stress-strain state modeling of the columns is performed for the building with the removed intermediate column in the basement. The building includes a basement and represents a reinforced concrete composite frame without collar beams. The MicroFe software is used for three modeling methods, which include quasi-static, dynamic, and kinematic method of limit equilibrium. The MicroFe analysis is combined with the development of the three-dimensional model on a rigid foundation. *Findings*: The progressive collapse is proven to be impossible for the building skeleton after the removal of the intermediate column in its basement. *Originality/value*: Based on the three analytical methods, the limit load reproducibility is 15 %. The dynamic analysis gives higher values of the limit load as compared to the quasi-static and kinematic methods. *Practical implications*: The proposed procedure of three methods for the progressive collapse analysis can be used for the seismic vulnerability analysis.

Keywords: reinforced concrete composite frame, collar beams, column removal, progressive collapse, design model, stress-strain state

For citation: Podshivalov I.I. Analiz rezul'tatov modelirovaniya napryazhennogo sostoyaniya kolonn i svyazei eksperimental'nogo zdaniya ot progressiruyushchego obrusheniya [Progressive collapse analysis of experimental building skeleton based on stress-strain state of columns and joints]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 3. Pp. 180–190.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-3-180-190

Сборно-монолитное исполнение каркаса позволяет максимально эффективно использовать преимущества монолитного и сборного домостроения [1]. Одним из главных преимуществ монолитных конструкций является возможность строительства зданий практически любой формы. Основным преимуществом сборных конструкций является возможность устройства стен и перекрытий заводского изготовления. В сборно-монолитном домостроении наблюдается, с одной стороны, завышенная оценка конструктивных решений [2], а с другой стороны, недостаточная экспериментальная база данных для объективного анализа несущей способности, жесткости и трещиностойкости конструкций [3].

Применение монолитного ребристого перекрытия по сравнению с плоским перекрытием позволяет получить конструкцию с более высокой несущей способностью, жесткостью и трещиностойкостью, а также приводит к уменьшению расхода бетона и арматуры [4]. Однако в жилых зданиях из-за малой высоты помещений устройство ригелей нежелательно [5].

В работе [6] предложен сборно-монолитный каркас здания повышенной этажности, в котором пространственная устойчивость обеспечивается арматурным соединением и замоноличиванием сборных панелей-рам, монолитных участков ригелей и дисков сборных плит перекрытий. Для защиты от прогрессирующего обрушения предусмотрено расчленение каркаса на отдельные фрагменты с шарнирным соединением между собой.

Живучесть, по определению проф. В.Д. Райзера [7], – это свойство конструкций сохранять при аварийных воздействиях способность к выполнению основных функций, не допуская лавинообразного (каскадного) разрушения. Здание следует проектировать таким образом, чтобы в случае разрушения любого элемента весь объект или его наиболее ответственная часть сохраняла работоспособность в течение периода времени, достаточного для принятия срочных мер [8].

В настоящее время с целью повысить безопасность зданий и сооружений и тем самым сохранить жизнь людей стало необходимым учитывать за-проектные нагрузки [9–12]. Расширился перечень зданий, подлежащих расчету от прогрессирующего обрушения¹ до уровня ответственности КС-2. Устойчивость от прогрессирующего обрушения проверяется расчетом на особое сочетание нагрузок, включающее постоянные и временные длительные нагрузки [13]. В случае локального разрушения отдельных элементов конструктивная система должна обладать способностью перераспределять усилия между сохранившимися конструкциями. Расчет от прогрессирующего обрушения выполняется при использовании пространственных расчетных моделей [14]. За расчетные характеристики материалов принимаются их нормативные значения. Устойчивость здания к прогрессирующему обрушению обеспечивается рассмотрением различных сценариев исключения несущих элементов. При необходимости проектируются дополнительные связевые элементы или повышается локальная несущая способность элементов конструкции.

Учет динамического эффекта при удалении колонны на заданный временной интервал может быть выполнен пошаговым способом увеличением силы P_z в узле конечно-элементной модели до значения, равного усилию в удаленной колонне при статическом нагружении [15]. Затем происходит мгновенное снятие этой силы, что вызывает появление собственных колебаний и динамический эффект.

Параметры прогрессирующего обрушения определяются путем учета нагрузки от выключенного из работы конструктивного элемента, реакция от которого может приниматься следующим образом: мгновенное удаление выключаемого конструктивного элемента в первичной расчетной схеме (ПРС) моделируется внутренними усилиями, прикладываемыми во вторичной расчетной схеме (ВРС) с обратным знаком – коэффициентом моделирования усилий $K = 1$, что соответствует максимально невыгодному условию при динамическом коэффициенте $K_d = 2$ (например, продольная сила, возникающая в выключенной колонне, прикладывается в верхний узел и направлена сверху вниз).

После выключения конструктивного элемента в расчетной модели наступает состояние стабилизации. В ВРС все внутренние усилия, возникающие в выключенном элементе, обнуляются, коэффициент моделирования усилий $K = 0$, динамический коэффициент $K_d = 1$.

Следует отметить, что при коэффициенте моделирования усилий $K = -1$ в ВРС реакция от выключенного элемента принимается без изменения знака, например, продольная сила от выключенной колонны прикладывается в верхний узел и направлена снизу вверх. Динамический коэффициент $K_d = 0$. Получаем случай, когда ВРС становится эквивалентной ПРС.

В такой последовательности выполняется расчет от прогрессирующего обрушения квазистатическим методом. В процессе расчета проводится критерияльная проверка, если она не выполняется, то корректируется ПРС.

Как известно, в теории предельного равновесия отдельный элемент в конструкции не может разрушиться, может разрушиться вся конструкция.

¹ СП 385.1325800.2018. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения.

При расчете кинематическим методом теории предельного равновесия в ВРС реакция (продольная сила и два изгибающих момента) от удаленной колонны прикладывается в узле по направлению снизу вверх с коэффициентом моделирования усилий $K = -1$. Формируются группы элементов с одинаковой несущей способностью и нормативными значениями сопротивления материалов. Затем в стержнях устанавливаются многомерные элементные шарниры, после чего задаются три комбинации воздействий, куда входят все нагружения и отдельно позиция – реакция выключенной колонны. В первой комбинации коэффициент моделирования усилий $K = 1$, динамический коэффициент $K_d = 0$ – стадия эксплуатации, во второй комбинации $K = 0$, $K_d = 1$ – стадия стабилизации, в третьей комбинации $K = -1$, $K_d = 2$ – состояние в момент удаления колонны. Для обеспечения работы стержневых элементов по несущей способности вводится опция – односторонние шарниры и опция расчета сечений по предельным поверхностям. Далее выполняется расчет по типу квазистатического расчета.

Следует отметить, что в ПВК MicroFe при расчете от прогрессирующего обрушения кинематическим методом теории предельного равновесия не надо задавать наиболее вероятные механизмы разрушения элементов каркаса, потерявших опору. Механизм разрушения из условия минимума несущей способности конструкции каркаса определяется в самой программе автоматически.

При динамическом расчете в ВРС выключается какой-либо конструктивный элемент, реакция от выключенного элемента принимается без изменения знака с коэффициентом моделирования усилий $K = 1$, например, продольная сила от выключенной колонны прикладывается в верхний узел и направлена снизу вверх. Нагружение расчетной модели производится в три этапа².

1. Перед выключением из работы конструктивного элемента, для получения корректного квазистатического напряженно-деформированного состояния конструкции, приложение нагрузки от выключенной из работы колонны производится линейно от 0 до 100 % на протяжении 15 с (два периода собственных колебаний).

2. Выключение конструктивного элемента из работы происходит за 0,01 с при основном периоде собственных колебаний колонны 0,1 с.

3. Расчет с удаленным конструктивным элементом в динамической постановке выполняется в течение следующих 25 с (общий интервал времени 40 с).

Результатом динамического расчета является определение максимумов динамического воздействия (в него входит и статическая нагрузка) во временной области от выключенного из работы элемента, которое является по типу воздействия особым и на которое выполняется конструктивный расчет элементов каркаса.

Рассматриваемое экспериментальное пятиэтажное двухподъездное здание с подвалом прямоугольной формы в плане, имеющее размеры по осям 43,34×12 м, запроектировано для строительства в Кемеровской области. Вы-

² Проектирование мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения: методическое пособие. Москва, 2018. С. 156.

сота здания равна 18,65 м. По уровню ответственности здание класса КС-2, как экспериментальное, подлежит расчету от прогрессирующего обрушения.

Конструктивная схема здания представляет собой сборно-монолитный безригельный каркас, который состоит из сборных железобетонных колонн сечением 400×400 мм и жестких дисков перекрытий толщиной 160 мм, объединяющих колонны в единую пространственную систему за счет жесткого соединения сборных панелей перекрытий с колоннами через сварку закладных деталей, а также за счет соединения сборных панелей перекрытий между собой петлевыми арматурными выпусками по периметру панелей и последующим замоноличиванием всех стыковых соединений, в результате чего образуется рамно-связевая конструкция в двух взаимно перпендикулярных направлениях здания. Продольная арматура колонн – 4Ø25A400, поперечная арматура – Ø6A240/200.

По заданной конструктивной схеме здания в ПВК MicroFe была разработана расчетная модель, в которой панели диафрагм жесткости в подвале, диски перекрытий моделировались конечным элементом типа «плоский прямоугольный элемент оболочки», колонны и связи моделировались конечным элементом типа «стержень». Расчетная конечно-элементная модель здания и ее визуализация приведены на рис. 1.

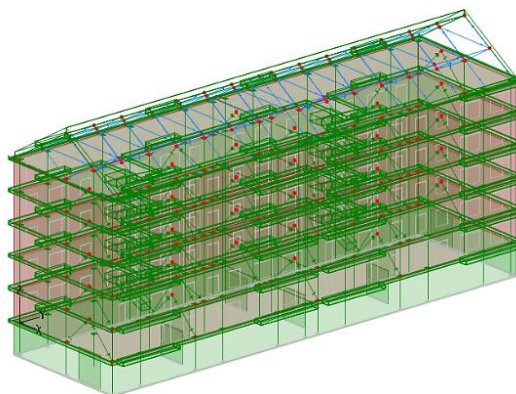
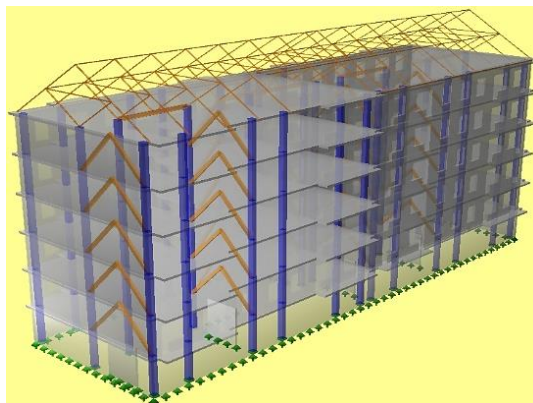
a*б*

Рис. 1. Расчетная конечно-элементная модель (а) и ее визуализация (б)

Расчет каркаса здания от прогрессирующего обрушения в ВРС выполнялся тремя методами:

- квазистатическим методом;
- кинематическим методом теории предельного равновесия;
- динамическим методом.

При расчете от прогрессирующего обрушения квазистатическим методом, при выключении средней колонны в подвале, изополя продольных усилий и предельной нагрузки в колоннах и связях каркаса приведены на рис. 2, из которого видно, что наибольшие продольные усилия возникли в остальных средних колоннах подвала и составили значения, равные $N_{\max} = -1403,6$ кН. При заданном армировании максимальное значение коэффициента использования предельной нагрузки в колоннах и связях каркаса равно $K_{\text{исп max}} = 0,694 < 1$, что означает отсутствие пластических шарниров в этих элементах.

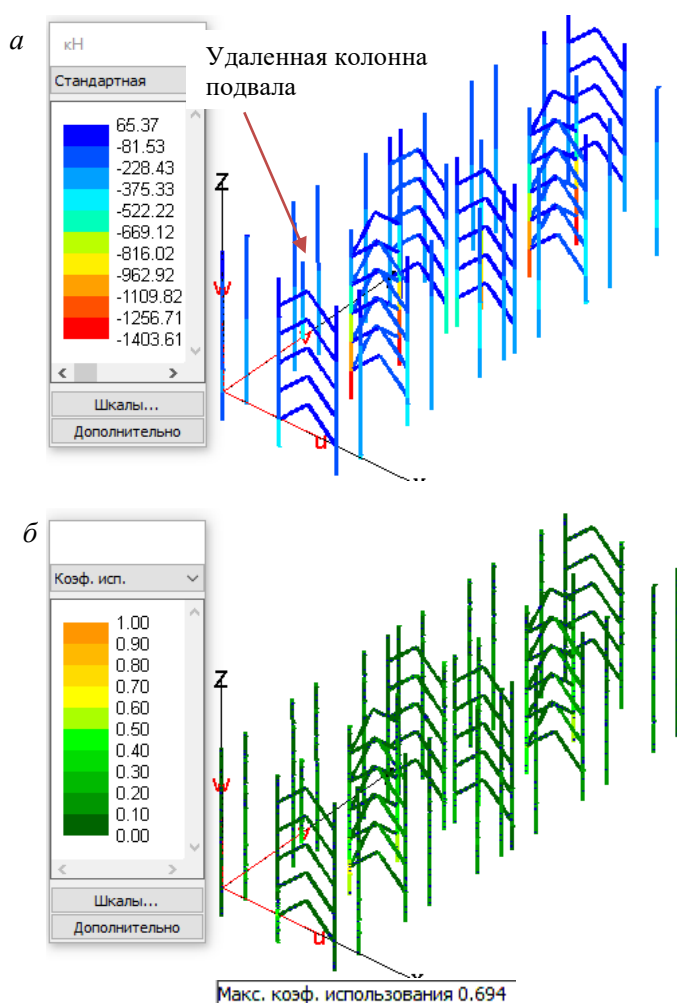


Рис. 2. Изополя продольных усилий (а) и предельной нагрузки (б) в колоннах и связях при расчете квазистатическим методом

При расчете от прогрессирующего обрушения кинематическим методом теории предельного равновесия при выключении средней колонны в подвале изополя продольных усилий и предельной нагрузки в колоннах и связях каркаса даны на рис. 3, откуда видно, что наибольшие продольные усилия, аналогично предыдущему случаю, возникли в остальных средних колоннах подвала и составили значения, равные $N_{\max} = -1432,7$ кН. Максимальное значение коэффициента использования предельной нагрузки в колоннах и связях каркаса равно $K_{\text{исп max}} = 0,739 < 1$, что также означает отсутствие пластических шарниров в этих элементах.

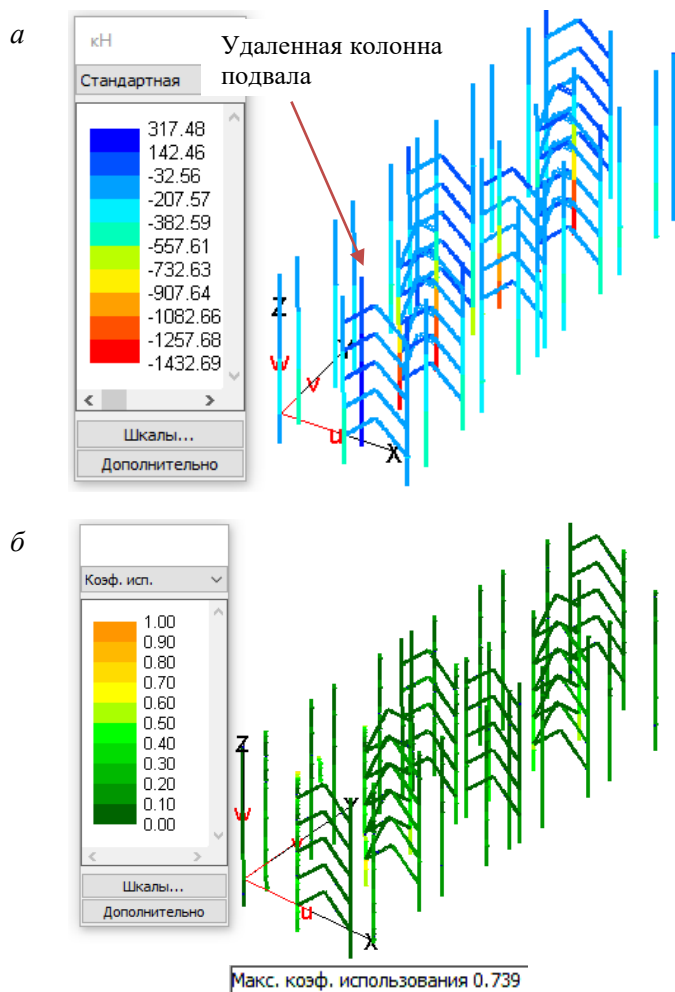


Рис. 3. Изополя продольных усилий (а) и предельной нагрузки (б) в колоннах и связях при расчете кинематическим методом теории предельного равновесия

При расчете от прогрессирующего обрушения динамическим методом при выключении средней колонны в подвале изополя продольных усилий и предельной нагрузки в колоннах и связях каркаса даны на рис. 4, из которо-

го видно, что наибольшие продольные усилия, по сравнению с предыдущими случаями, в остальных средних колоннах подвала увеличились и составили значения, равные $N_{\max} = -1901,2$ кН. Максимальное значение коэффициента использования предельной нагрузки в колоннах и связях каркаса также увеличилось и равно $K_{\text{исп. max}} = 0,739 < 1$, что означает отсутствие пластических шарниров в этих элементах.

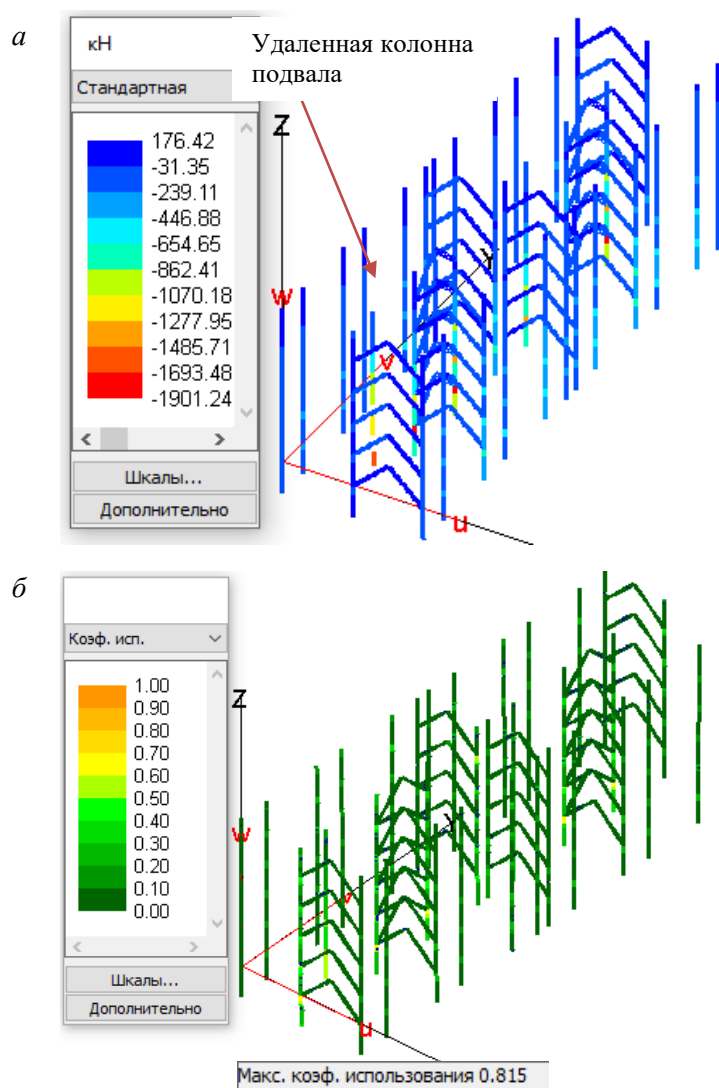


Рис. 4. Изополя продольных усилий (а) и предельной нагрузки (б) в колоннах и связях при расчете динамическим методом

В качестве пояснений к динамическому расчету на рис. 5, 6 показано задание коэффициентов динамических параметров от статической нагрузки и от реакции удаленной колонны в подвале.

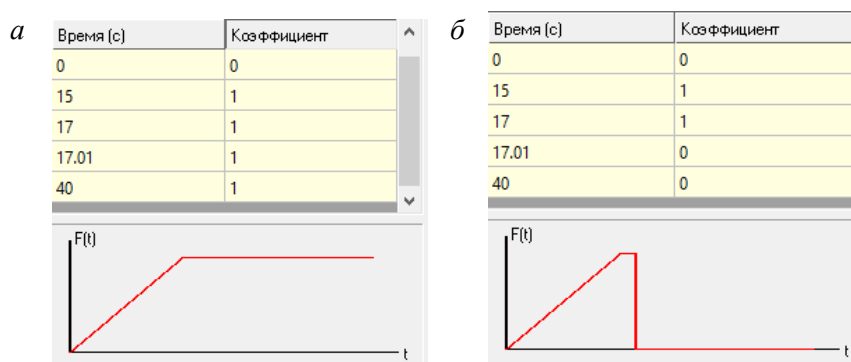


Рис. 5. Задание коэффициентов динамических параметров:

а – от статической нагрузки; б – от реакции удаленной колонны в подвале

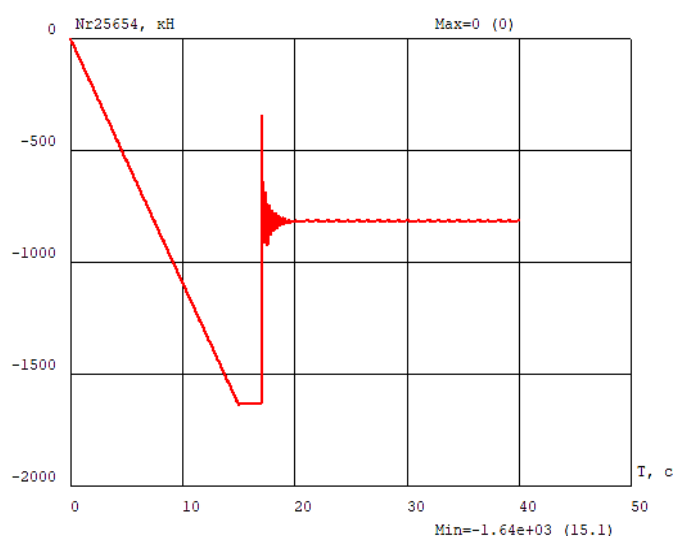


Рис. 6. Динамическая реакция от удаленной колонны в подвале

На рис. 5 коэффициент $K = 1$ означает то, что принята вся нагрузка. График изменения динамической реакции от удаленной колонны подвала приведен на рис. 6, из которого следует, что наибольшее значение продольного сжимающего усилия в колонне первого этажа от удаленной колонны подвала составляет $N = -1640$ кН, что хорошо коррелируется со значениями продольного усилия в колонне первого этажа над удаленной колонной подвала (см. рис. 4, а).

Заключение

Полученные результаты показали невозможность прогрессирующего обрушения каркаса при удалении средней колонны в подвале экспериментального здания.

При сравнении результатов расчета прогрессирующего обрушения квазистатическим методом, кинематическим методом теории предельного равно-

весия и динамическим методом получена сходимость результатов по предельной нагрузке в колоннах и связях в пределах 15 %. При этом два первых метода расчета дают нижнее значение по предельной нагрузке в колоннах и связях каркаса, а динамический метод – верхнее значение. Таким образом, неиспользование динамического метода расчета может привести к результату с заниженными значениями предельной нагрузки в колоннах и связях каркаса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Унифицированная система сборно-монолитного каркаса КУБ 2.5*. Вып. 1-1. Москва : Стройиздат, 1990. 49 с.
2. *Митасов В.М., Коянкин А.А.* Работа диска сборно-монолитного перекрытия // Известия вузов. Строительство. 2014. № 3. С. 103–104.
3. *Коянкин А.А., Митасов В.М.* Каркас сборно-монолитного здания и особенности его работы на разных жизненных циклах // Вестник МГСУ. 2015. № 9. С. 28–35.
4. *Маковский С.А., Новиков М.В., Маковская Т.А.* Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния монолитного перекрестно-ребристого перекрытия // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2017. № 2. С. 91–96.
5. *Яров В.А., Скрипальщиков К.В.* Безригельные монолитные перекрытия многоэтажных зданий с колоннами крестового сечения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2009. № 2. С. 97–91.
6. *Клюева Н.В., Колчунов В.И., Рыпаков Д.А., Бухтиярова А.С.* Прочность и деформативность сборно-монолитных каркасов жилых зданий пониженной материалоемкости при запроектных воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 1. С. 5–9.
7. *Райзер В.Д.* К проблеме живучести зданий и сооружений // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. № 5. С. 77–78.
8. *Краснощечков Ю.В., Мельникова С.О., Екимов А.А.* Живучесть многоэтажного здания со связевым каркасом // Вестник СибАДИ. 2016. Вып. 2 (48). С. 100–104.
9. *Травуш В.И., Колчунов В.И., Леонтьев Е.В.* Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения в рамках законодательных и нормативных требований // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 2. С. 46–54.
10. *Кодыш Э.Н.* Проектирование защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения с учетом возникновения особого предельного состояния // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 10. С. 95–101.
11. *Алмазов В.О., Кхой Као Зуй.* Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов. Москва : Изд-во АСВ. 128 с.
12. *Ведяков И.И., Ефремов П.Г., Одесский П.Д., Попов Н.А., Соловьев Д.В.* Расчет строительных конструкций на прогрессирующее обрушение: нормативные требования // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 4. С. 16–24.
13. *Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Чесноков Д.А.* Защита многоэтажных зданий от прогрессирующего обрушения // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 6. С. 9–13.
14. *Кабанцев О.В., Тамразян А.Г.* Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 5. С. 15–26.
15. *Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Цуриков С.Г., Лукьянов В.И.* Расчет железобетонного каркаса здания с учетом аварийного воздействия во временной области // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2. 15 с.

REFERENCES

1. Unifitsirovannaya sistema sborno-monolitnogo karkasa KUB 2.5 [Unified reinforced concrete composite frame KUB 2.5]. Issue 1-1. Moscow: Stroizdat, 1990. 49 p. (rus)
2. *Mitasov V.M., Koyankin A.A.* Rabota diska sborno-monolitnogo perekrytiya [Disc operation of reinforced concrete composite slab]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2014. No. 3. Pp. 103–104. (rus)

3. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Karkas sborno-monolitnogo zdaniya i osobennosti ego raboty na raznykh zhiznennykh tsiklakh [Prefabricated solid building frame and its properties in different life cycles]. *Vestnik MGSU*. 2015. No. 9. Pp. 28–35. (rus)
4. Makovskii S.A., Novikov M.V., Makovskaya T.A. Konechno-elementnyi analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya monolitnogo perekrestno-rebristogo perekrytiya [Finite element analysis of the stress-strain state of cast-in-place beam-and-slab floor]. *Izvestiya VUZov. Severo-Kavkazskii region. Tekhnicheskie nauki*. 2017. No. 2. Pp. 91–96. (rus)
5. Yarov V.A., Skripal'shchikov K.V. Bezrigel'nye monolitnye perekrytiya mnogoetazhnykh zdaniy s kolonnami krestovogo secheniya [Reinforced concrete composite frame without collar beams with X cross-section]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2009. No. 2. Pp. 97–91. (rus)
6. Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Rypakov D.A., Bukhtiyarova A.S. Prochnost' i deformativnost' sborno-monolitnykh karkasov zhilykh zdaniy ponizhennoi materialoemkosti pri zaproektnykh vozddeistviyakh [Strength and deformability of reinforced concrete composite frames of residential buildings with low material consumption under beyond design impacts]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015. No. 1. Pp. 5–9. (rus)
7. Raizer V.D. K probleme zhivuchesti zdaniy i sooruzhenii [Toward the building robustness]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 2012. No. 5. Pp. 77–78. (rus)
8. Krasnoshchekov Yu.V., Mel'nikova S.O., Ekimov A.A. Zhivuchest' mnogoetazhnogo zdaniya so svyazevym karkasom [Survivability of multi-floor building with braced framing]. *Vestnik SibADI*. 2016. No. 2 (48). Pp. 100–104. (rus)
9. Travush V.I., Kolchunov V.I., Leont'ev E.V. Zashchita zdaniy i sooruzhenii ot progressiruyushchego obrusheniya v ramkakh zakonodatel'nykh i normativnykh trebovaniy [Building protection against progressive collapse in terms of legal and regulatory documents]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2019. No. 2. Pp. 46–54. (rus)
10. Kodysh E.N. Proektirovanie zashchity zdaniy i sooruzhenii ot progressiruyushchego obrusheniya s uchetom vozniknoveniya osobogo predel'nogo sostoyaniya [Design protection of buildings against progressive collapse, with respect to limit state]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2018. No. 10. Pp. 95–101. (rus)
11. Almazov V.O., Kkhai Kao Zui. Dinamika progressiruyushchego razrusheniya monolitnykh mnogoetazhnykh karkasov [Dynamics of progressive collapse of reinforced concrete composite frames of multi-floor buildings]. Moscow: ASV. 128 p. (rus)
12. Vedyakov I.I., Efremov P.G., Odesskii P.D., Popov N.A., Solov'ev D.V. Raschet stroitel'nykh konstruktii na progressiruyushchee obrushenie: normativnye trebovaniya [Progressive collapse analysis of buildings: Normative requirements]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2019. No. 4. Pp. 16–24. (rus)
13. Kodysh E.N., Trekin N.N., Chesnokov D.A. Zashchita mnogoetazhnykh zdaniy ot progressiruyushchego obrusheniya [Protection of multi-floor buildings against progressive collapse]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 6. Pp. 9–13. (rus)
14. Kabantsev O.V., Tamrazyan A.G. Uchet izmenenii raschetnoi skhemy pri analize raboty konstruktii [Consideration of changes in design diagram in structural analysis]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2014. No. 5. Pp. 15–26. (rus)
15. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Tsurikov S.G., Luk'yanov V.I. Raschet zhelezobetonного karkasa zdaniya s uchetom avariinogo vozddeistviya vo vremennoi oblasti [Strength analysis of reinforced concrete frame of the building, with respect to possible collapse impact]. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2015. No. 2. 15 p. (rus)

Сведения об авторе

Подшивалов Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ivanpodchivalov@list.ru

Author Details

Ivan I. Podshivalov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, ivanpodchivalov@list.ru